

атомная СТРАТЕГИЯ

www.proatom.ru

ЯНВАРЬ 2012

ЖЖ

ГЛАВНАЯ ТЕМА:

#62

**ПОЧЕМУ МОЛЧИТ
АТОМНАЯ НАУКА?**



РАЗВИТИЕ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ — ЭТО ЭВОЛЮЦИЯ КОНСТРУКЦИЙ И СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХ РЕАКТОРОВ, КОТОРЫЕ ИЗНАЧАЛЬНО НЕ ПРЕДНАЗНАЧАЛИСЬ ДЛЯ МИРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ.

Содержание

Эволюция безопасности атомных станций.
Б.Г.Гордон 3

О модульности, как новой философии создания АЭС.
Александр Просвирнов 9

«Кузькина мать» исламской революции.
Николай Кудряков 14

Женское дело.
Людмила Колесникова 16

Учтивие Л.Ландау и И.Халатникова в совершенствовании атомной бомбы.
Г.В.Киселев 17

Эпоха шаттлов.
Д.И.Мант 22

Похоже, с ИТЭФом практически все кончено... 25

Одним контролем аварийность не снизить.
Н.Н.Григорьев, С.О.Макарова, М.М.Наконечный, А.М.Железняков 26

Возможности струйных технологий в энергетике.
В.Н.Половинкин 27

Дозообразующие радионуклиды
М.Н.Тихонов, М.И.Рылов 31

Сквозь полупосеребрянное зеркало
Д.А.Тайц 34

«... крупно-модульная сборка

может существенно ускорить процесс строительства АЭС»

9 стр.



Атом в Иране

«Всеми прогрессивному человечеству предъявлена козья морда, и обещана кузькина мать»

14 стр.

Женщина в науке

«Предмет исследований Р.Ф.Коноплевой за последние 5 лет — радиационная физика наноматериалов»

16 стр.



Первая водородная

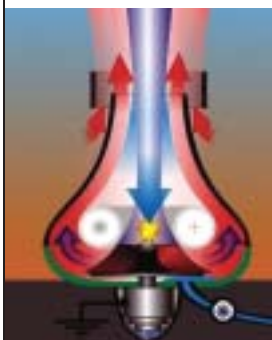
Л. Д. Ландау и его сотрудники в расчетном обосновании атомных бомб и первой водородной РДС-6С

17 стр.

Аварийность на судах

«Комплектование экипажей российских судов производится по остаточному принципу»

26 стр.



Струйные технологии

Могут ли стать альтернативным источником энергии?

27 стр.

АТОМWEEK

события прогнозы комментарии

Электронный еженедельник новостей
Подробности и подписка на www.proatom.ru



Продолжается подписка на 2012 год!

Журнал
не только про атом...



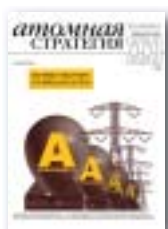
www.proatom.ru

Подписка принимается с любого месяца!

E-mail: info@proatom.ru, pr@proatom.ru, dir@proatom.ru
Тел.: (812) 764-3712, 438-3277, 958-9004. Тел./факс (812) 764-3712

PRO
АТОМ

атомная
СТРАТЕГИЯ XXI



№ 62, январь 2012 г.

Основан в Санкт-Петербурге в марте 2002 г.
Учредитель и Издатель ЗАО «ОВИЗО»

Свидетельство о регистрации журнала «Атомная стратегия»: № ПИ 2-6494 от 21.03.2003 в Северо-Западном окружном межрегиональном территориальном управлении Министерства Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций (г. Санкт-Петербург)

Главный редактор — Олег Двойников.
Редактор сайта www.proatom.ru — Людмила Селивановская.
Редактор — Тамара Девятова.
Дизайн — Владимир Мочалов.
Верстка — Андрей Голубков.

Почтовый адрес: 196070, Санкт-Петербург, а/я 127, ЗАО «ОВИЗО»
Тел./факс: (812) 764-3712, 438-3277, 8-(921)958-9004.

E-mail: info@proatom.ru;
www.proatom.ru

Подписано в печать 10.02.2012 г.

За содержание публикуемых в журнале информационных и рекламных материалов ответственность несут авторы.

Редакция предоставляет возможность высказаться по существу, однако имеет свое представление о проблемах, которое не всегда совпадает с мнением авторов.

Редакция рукописи не возвращает и оставляет за собой право редактирования информационных материалов.

Распространение:

почтовая рассылка специалистам предприятий и организаций атомной отрасли, политикам, руководителям крупнейших предприятий и организаций энергетики, участникам выставок и конференций, подписчикам и рекламодателям.

Редакция благодарна авторам статей и рекламодателям за поддержку журнала «Атомная стратегия». Все дизайн-разработки изготовлены в дизайн-студии «ОВИЗО» и не подлежат

воспроизведению без письменного разрешения редакции журнала «Атомная стратегия». При перепечатке ссылка на журнал «Атомная стратегия» и предприятие «ОВИЗО» обязательна. Журнал «Атомная стратегия» выходит с периодичностью 12 раз в год.

Отдел рекламы:
тел. (812) 764-3712, 438-3277;

Стоимость подписки на один экземпляр с рассылкой в пределах России — 1180 рублей.



Б.Г.Гордон,
профессор

Эволюция безопасности атомных станций

Хорошо известно, что, практически, все действующие в мире ядерные энергетические реакторы имеют своими прототипами реакторные установки, изначально предназначавшиеся для военных целей. Существует легенда, что первый официальный документ, представленный главе государства о возможности использования ядерной реакции деления, составил экономист А.Сакс на основе писем А.Эйнштейна и Л.Сциларда. Он передал его своему другу Ф.Рузвельту в 1939г. и перечислил в нём сферы использования ядерной энергии в следующем приоритетном порядке: мирное применение в энергетике, производство радиоактивных веществ для медицины и создание атомной бомбы.

Н еважно, какие соображения руководили А.Саксом, главное, — что человечество в тех условиях начало осваивать энергию деления с конца этого списка, создав ядерное оружие и подчинив милитаристской цели свой научно-технический потенциал. А так как ядерная энергия впервые продемонстрировала свою мощь в виде взрывов небывалой разрушительной силы, то это наложило необратимый отпечаток на отношение к ней всего человечества.

Предложения по классификации ядерных реакторов

Вначале ядерные отрасли в США и в СССР создавались и развивались в государственном секторе для решения военных задач: создание атомной бомбы, наработка плутония, разработка корабельных реакторов и т.п. Возможность производства электроэнергии на реакторных установках ядерно-оружейного комплекса оказалась сопутствующим свойством, которое было применено в мирных целях. Этот естественный процесс использования некоторых военных технологий в гражданских отраслях сопровождает всю историю человечества и называется конверсией. Однако атомная отрасль отличается от всех остальных двумя известными особенностями: высокой концентрацией энергии и длительностью существования продуктов распада, которые могут оказывать глобальное воздействие в случае ядерных аварий. Это накладывает специальные требования к ядерной безопасности реакторных установок.

Полезно помнить, что в 60-70-е годы существовала серьёзная оппозиция внедрению РБМК в энергетику. Минэнерго, основываясь на опыте эксплуатации тепловых электростанций и научных проработках отраслевого Всесоюзного теплотехнического института (ВТИ), активно противилось сооружению этого типа реакторов. В числе его недостатков указывалось на сложность управления реактором и контроля целостности контура циркуляции, разветвлённость системы трубопроводов с радиоактивной средой, недостаточность знаний о поведении реактора в различных режимах, отсутствие достоверных сведений об опыте эксплуатации его прототипов и т.п.

Работая в указанный период в ВТИ, могу засвидетельствовать, что этот вопрос детально обсуждался на НТСах и совещаниях самого разного уровня. Принятые решения базировались не на обоснованных ответах на возражения и не на доказательствах безопасности РБМК, а на потребностях страны в электроэнергии и ограниченности машиностроительных мощностей.

Сейчас очевидно, что государственная политика тех лет не основывалась на приоритете

безопасности. Совершенствование ядерных реакторов для энергетики осуществлялось в СССР по остаточному принципу: и деньги не те, да и люди не те. Хорошо известны реплика министра Средмаша Е.П.Славского: «У меня для энергетики нет урана» и шутка академика А.К.Красина: «Специалисты первого сорта отбирались для разработки атомной бомбы, а второго, вроде меня, — для работы в энергетике». Думается, все, кто жил в те годы, в разной степени сталкивались с проявлением такой политики, отразившейся на содержании обоснований и качестве энергетических реакторов.

Последующие взаимоотношения ведомств, секретность технических характеристик, сокрытие отрицательных черт опыта эксплуатации РБМК, в конечном счёте, обусловили аварию в Чернобыле. Причём, особая пикантность истории состоит в том, что уголовную ответственность за аварию понесли только работники Минэнерго и атомного надзора. Понимая бессмысленность сослагательного наклонения, всё же стоит за-

Задача практического предотвращения ядерной аварии, по сути, состоит в разработке таких объектов, срок службы которых много меньше времени вероятного наступления аварии

думаться, как выглядела бы энергетика России, да и всего мира, если бы в СССР возобладали позиция энергетиков.

Исключение возможности ядерной аварии на АС никогда не ставилось государством перед учёными и конструкторами в качестве первоочередной задачи. Создатели первых реакторов имели совсем другие приоритеты и работали в весьма специфических условиях оборонного заказа. При сопоставлении вариантов предпочтение отдавалось тем конструкциям, оборудованию и материалам, которые были уже освоены промышленностью и быстрее приводили к цели, поставленной оборонным ведомством. Ставилась конкретная практическая задача, на которую выделялись ограниченный лимит времени и все необходимые наличные средства. Под принятые решения создавалась инфраструктура ядерной промышленности, предназначенная для эффективного и быстрого удовлетворения военных заказов. Разумеется, проблемы безопасности рассматривались, но не были приоритетными. Достижения научно-технической разведки выравнивали уровни знаний, остужали излишне самобытных. Нет ничего удивительного, что США и СССР, а за ними и другие страны создали очень похожие конструкции твэлов и реакторов, отличавшиеся лишь в деталях.

Сказанное выше подтверждается анализом интереснейшего сборника /1/, где приведены экспертные оценки перспектив развития атомной энергетики. Из их анализа ясно видно, как расставлялись приоритеты, каковы были критерии выбора и какое влияние оказал опыт Чернобыля. Приводятся предисловия и заключительные главы трёх отчётов, содержащие выводы и задачи дальнейших исследований. Так вот, в выводах 1975г. понятию «безопасность» вообще не нашлось места. Производный от него эпитет относится к безопасному захоронению РАО.

Оценка 1984г. содержит основные направления развития, описывает необходимые технологии, ставит задачи НИОКР, как они виделись на этапе эйфорического отношения к атомной энергетике. Слово «безопасность» упоминается только однажды, в предпоследнем абзаце шестистраничного текста, где приведён перечень основных исследований, на которых предлагалось сконцентрировать усилия: оптимизация структуры ядерного теплоснабжения, обеспечение строительства первой АТЭЦ, совершенствование ВВЭР и РБМК, создание маневренного энергоблока, обеспечение строительства прототипной высокотемпературной установки, реакторное материаловедение, проблема безопасности ЯЭУ различного назначения. Как будто задачи дальнейших исследований по безопасности уже полностью решены. Такое представление только усиливается при чтении полного текста отчёта.

А в выводах 1989г. уже на первой страни-

це требуется «пересмотреть концепцию развития атомной энергетики прежде всего с точки зрения её безопасности» Вот этот призыв, по мнению автора, не услышан до сих пор, инерция инфраструктуры и традиции мышления не преодолены.

Поэтому целый ряд свойств и конструктивных особенностей военных прототипов сохраняется, практически, во всех эксплуатируемых, сооружаемых и проектируемых ныне реакторов, называемых «энергетическими». Представляется более точным определить их как приспособленные для энергетики, превращённые, конверсионные, чтобы отличать от двух других типов: реакторов, сугубо предназначенных для ядерного оружейного комплекса, и реакторов, изначально создающихся для мирного использования в энергетике, которые в последние годы после Чернобыля только начинают разрабатываться.

Такая классификация по принципу предназначения охватывает все наличные конструкции ядерных реакторов и строго разделяет типы реакторов. Разумеется, каждое назначение диктует свои требования к конструкции, проекту, условиям эксплуатации, а приспособление одного типа реакторов для других целей, как показала практика, приводит к непредсказуемым, заранее неизвестным последствиям.

Эволюция конверсионных реакторов

Общепринято конверсионные реакторы подразделять на поколения в соответствии с исторически сложившимися концепциями их безопасности /2/. Так, у нас в стране к первому поколению ядерных энергетических реакторов относят энергоблоки АС, проекты которых выполнялись задолго до 1973г. — введения в действие ОПБ-73. В те годы предполагалось, что надёжность оборудования столь высока, что ни корпуса ВВЭРов, ни их главные циркуляционные трубопроводы не смогут разуплотниться, и максимальный разрыв первого контура, если произойдёт, то — на трубопроводах Ду-100, специально снабжённых ограничителем расхода диаметром 32 мм. Соответствующим образом из этого условия проектировались системы безопасности, в том числе, системы герметичного ограждения, чтобы радиационное воздействие на персонал и население не превышало критериев, установленных санитарными нормами.

ОПБ-73 сконцентрировали отечественный и зарубежный опыт эксплуатации конверсионных реакторов первого поколения. На их основе создавалось второе поколение ВВЭРов, которые должны были уже выдержать разрыв главных циркуляционных трубопроводов условными диаметрами 500 и 850 мм для ВВЭР-440 и 1000, соответственно. Чтобы удовлетворить критериям радиационной безопасности человека, ВВЭР-440 снабжались барботажно-вакуумной системой безопасности, а ВВЭР-1000 размещались в защитной оболочке, выдерживающей избыточное давление до 0,5 Мпа. Ко второму поколению относится большая часть эксплуатируемых в настоящее время ВВЭРов, а также вторые очереди энергоблоков с РБМК.

Отличительной чертой третьего поколения ВВЭРов, проекты которых разрабатывались после чернобыльской аварии и введения в действие ОПБ-88, является то, что их концепция глубокого эшелонированной защиты, предусматривает управление запроектными авариями. То есть возможность тяжёлых аварий признаётся и требуется умение ими управлять. К конструктивным особенностям этих ВВЭРов относятся двухслойная защитная оболочка, пассивные системы аварийного охлаждения активной зоны, ловушка для удержания расплава и т.п. Наличие последней некоторые авторы связывают с поколением 3, для определения которого пока нет нормативных оснований. ОПБ-88 были преобразованы в 1996 году в ОПБ-88/96 без существенных изменений концепции безопасности.

Совершенствование систем обеспечения ядерной безопасности вытекало из накопленных научных знаний о протекании возможных аварий, проведения экспериментов на крупномасштабных установках, моделировавших АС и её элементы, обобщения опыта эксплуатации энергоблоков и совершенствования норм радиационной безопасности человека. Опыт проектирования, сооружения и эксплуатации реакторов третьего поколения ляжет в основу последующего пересмотра правил. И, если концепцию безопасности удастся серьёзно усовершенствовать, то могут возникнуть проекты конверсионных реакторов

четвёртого поколения, к которым пока без достаточных оснований относят некоторые виды давно известных реакторов на быстрых нейтронах.

Надо отметить, что нормативные документы не содержат строгих критериев отнесения конкретных энергоблоков к тому или иному поколению, что вызывает дискуссии, особенно после проведённых масштабных модернизаций. Но цель статьи — не принять участие в этих спорах, а продемонстрировать тот очевидный факт, что развитие конверсионных реакторов представляло собой постепенное повышение ядерной безопасности, эволюцию конструкций и систем безопасности тех реакторов, которые изначально не предназначались для мирного использования.

Оценки вероятности ядерной аварии

В упомянутом докладе 1989г. /1/ проблема обеспечения безопасности справедливо рассматривалась как комплексная, включающая детерминистские и вероятностные аспекты. Радиационная безопасность человека — состояние защищённости от радиационного воздействия — обеспечивается, в том числе, ядерной безопасностью АС — её свойством с определённой вероятностью предотвращать ядерные аварии. Расчёты этой вероятности проводятся методами вероятностного анализа безопасности (ВАБ), которые имеют хорошо известные ограничения в применении. Так называемый ВАБ-1 энергоблока АС рассчитывает частоту повреждения активной зоны (ЧПЗ), которая является причиной тяжёлых радиационных аварий. В настоящее время общепринято, что допущения и возможности ВАБ-1 не позволяют доверять ЧПЗ, меньшим, чем 10^{-5} (реактор*год)⁻¹. Это связано с рядом особенностей методов ВАБ, прежде всего, с невозможностью экспериментального подтверждения расчётных величин, а также с трудностью количественной оценки вклада человеческого фактора, который составляет величину порядка 20 — 60%. Здесь нет противоречия. ВАБ — единственный имеющийся инструмент для измерения ядерной безопасности, но инструмент ограниченный, имеющий свою «цену деления». Так нельзя измерять линейкой размеры, меньшие 1мм.

Другой трудностью в количественной оценке ядерной безопасности является установление связи между ЧПЗ и вероятностью ядерной аварии, которой по определению измеряется ядерная безопасность АС. В монографии /3/ для этого предложено использовать теорию массового обслуживания /4/, которая в качестве первого приближения с целым рядом допущений даёт простое соотношение:

$$P=1-\exp(-\lambda\tau),$$

где P — вероятность ядерной аварии, λ — ЧПЗ, τ — время.

Там же отмечено, что строгое математическое решение задачи об установлении связи между частотой и вероятностью столь редких событий, к которым относится тяжёлая ядерная авария, неизвестно. К таким событиям нельзя даже применить понятие «поток», а уж тем более назвать его простейшим, однородным, пуассоновским, так как после наступления события объект, по сути, перестаёт существовать. Поэтому данную формулу следует рассматривать как модель, позволяющую оценить тенденции искомой связи. Эта модель, тем не менее, может быть верифицирована здравым смыслом: чем дольше время эксплуатации объекта, тем выше вероятность аварии на нём.

Приведённая формула может быть применена для оценки изменения во времени вероятности ядерной аварии в системе N проектируемых реакторов. Здесь не случайно говорится о проектируемых реакторах, так как особенности выполнения ВАБ таковы, что не следует просто складывать вероятности аварий при оценке безопасности разных действующих объектов. Расчёты ЧПЗ для каждого из них основываются на своей специфической базе данных по отказам. А для реакторов, которые пока ещё существуют лишь на бумаге, используется обобщённая база данных для проекта намечаемой серии АС.

Так что, если программа сооружения АС выглядит, как показано в верхней части рисунка, то надо иметь в виду, что вероятность ядерной аварии будет расти примерно так, как показано в его

нижней части. Этот вывод также вполне согласуется со здравым смыслом, так как чем больше количество объектов, тем вероятнее, что хоть на одном из них произойдёт авария.

С учётом всего вышесказанного ясно, что представленная картинка лишь иллюстрирует тенденцию изменения вероятности аварий при развитии атомной энергетики. Выводы из этой тенденции, разумеется, могут быть сделаны разные. В частности, очевидна необходимость повышения эффективности государственного регулирования безопасности, адекватного ужесточения контроля эксплуатирующих организаций за собственной деятельностью по обеспечению безопасности, за культурой безопасности и т.п.

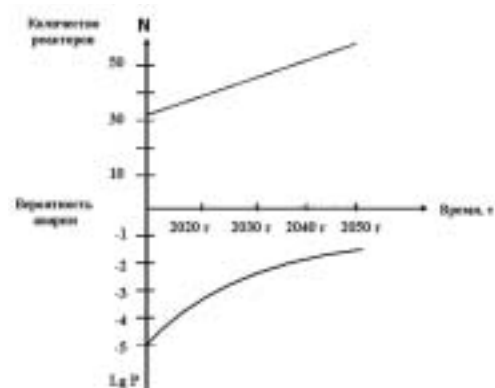


Рис.1. Вероятность аварии в системе АС

Эту иллюстрацию также полезно иметь в виду при обсуждении планов строительства АС малой мощности, «ядерных батареек», плавучих АС, при сопоставлении перспектив крупномасштабной и малой энергетики и т. п. Если вместо одной АС мощностью 1 Гвт построить 100 АС мощностью 10 Мвт и оба типа АС будут иметь одинаковую ЧПЗ, то вероятность аварии в системе малых АС окажется на два порядка выше, хотя, возможно, что ЧПЗ модульных, изготовленных на заводах АС станет много меньше. Такова оценка только ядерной безопасности. Как повысится уязвимость сотни АС, насколько придётся усилить их физическую защиту, — предмет для особых исследований.

Перспективы развития атомной энергетики

Чернобыльская авария, безусловно, наложила отпечаток на последующее развитие атомной энергетики во всех странах. Из неё вынесен целый ряд уроков по совершенствованию конструкций реакторов, культуры безопасности, нормативных документов, обоснований безопасности и т.д. Тем не менее, на один из них следует указать особо. Рассматривая её в ряду с авариями на АЭС Три-майл-айленд и Фукусима, помня об авариях в Уиндскейле, Кыштыме, Чажме, следует признать как общую черту всех крупнейших ядерных аварий — невероятность, непредставимость сочетания их исходных событий и последовательности этапов их развития.

Аварии состояли из такой совокупности отказов, развивались по таким сценариям, которые представлялись невозможными не только лицам, принимавшим решения, но и подавляющему числу учёных-специалистов в области ядерной безопасности. В научной литературе существуют свидетельства, что учёные США за несколько лет до аварии на Три-майл-айленд предсказали её параметры. Специалисты Курчатовского института и НИКИЭТа рассматривали ещё в начале 80-х годов сценарий, подобный тому, что произошёл в Чернобыле. Но те, кто принимали решения, не могли поверить, что такое может случиться на практике.

Думается, что и японским учёным до аварии на Фукусима-1 казалось невероятным, что все аварийные источники энергопитания могут выйти из строя. И вот, уже появилась в интернете информация, что недостатки систем противоаварийного реагирования АЭС Фукусима были отмечены специалистами и известны эксплуатирующей организации.

Можно с удовлетворением признать, что на российских станциях за годы после Чернобыля сделано очень много для обеспечения и ядерной безопасности АС, и радиационной безопасности человека. Именно объём проведённых модернизаций, результаты совершенствования систем

безопасности, имеющаяся база научных данных позволяют ряду известных учёных утверждать, что на наших АС аварии, подобные Фукусиме, невозможны. К сожалению, подобные заявления очень напоминают высказывания зарубежных специалистов о своих АС после Чернобыля. Дело в том, что «генералы всегда готовятся к предыдущей войне».

Понятно, что вскоре начнётся системный пересмотр самых разных аспектов атомной энергетики. Предстоят дополнительные проверки объектов использования атомной энергии, усилятся требования к анализам и руководствам по управлению запроектными авариями, к самым разным аспектам аварийной готовности, будет уточняться стратегия развития атомной энергетики. Начнётся более подробное изучение идеологических оснований принципа единичного отказа, проблем наложения отказов, отказов по общей причине, вопросов сейсмостойкости, целостности бассейнов выдержки и хранилищ ОЯТ, работоспособности средств долговременного охлаждения активной зоны и т.п.

Конечно, всё это весьма важно, полезно и необходимо, но где гарантии, что следующая серьёзная авария опять не произойдёт самым невероятным образом? Гарантии даются вероятностными анализами, которые как инструмент оценки ядерной безопасности, практически, достигли предела своих возможностей.

Если что-то может произойти, то оно произойдёт рано или поздно. Только никто не может сказать, когда: через год или 25 лет. В этом-то и состоит **детерминированность вероятных событий, которые случайны для индивидуального объекта, но закономерны для группы объектов на достаточном периоде времени.** К сожалению, нам зачастую только кажется, что мы знаем истинную картину мира. На самом деле, у нас всегда есть лишь сегодняшнее приближение к её пониманию.

Таким приближением является углубление представлений о содержании понятия безопасность и ужесточение требований к её обеспечению. В докладе WENRA /5/, также как в статьях некоторых наших специалистов, формируются требования к будущим реакторам по **исключению радиационных последствий** любых аварий за пределами площадки АС или даже за

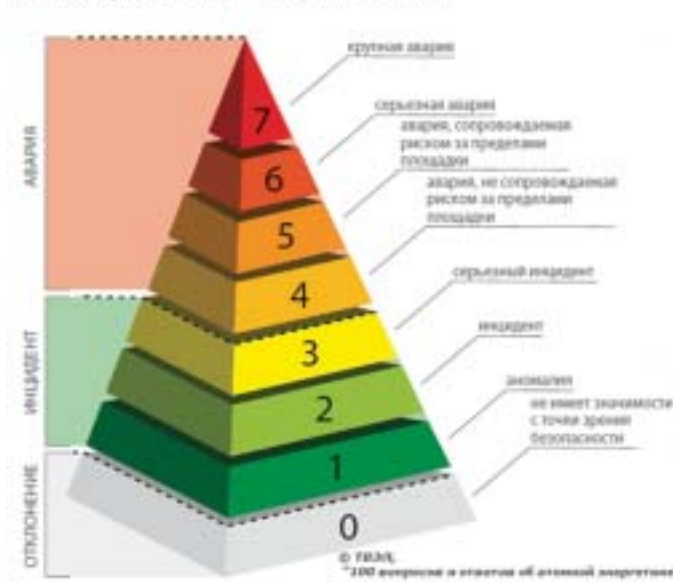
границами реакторного здания энергоблока. То есть при гипотетических авариях сверхнормативное радиационное воздействие должно быть локализовано внутри барьеров глубоко эшелонированной защиты АС. Возможность выполнения такого требования должна стать предметом отдельного рассмотрения для проектируемых ныне конверсионных реакторов.

Наряду с этим, в конце прошлого века возникло понимание, что перспективы атомной энергетики связаны не с дальнейшим развитием конверсионных реакторов, а с системным переходом к разработке третьего типа ядерных реакторов, — действительно, энергетических, предназначенных сугубо для мирного использования /6 — 8/. То есть, сделан следующий шаг в понимании проблем безопасности: попытка разработать такие конструкции, в которых **ядерные аварии были бы предотвращены** за счёт собственных свойств реакторов.

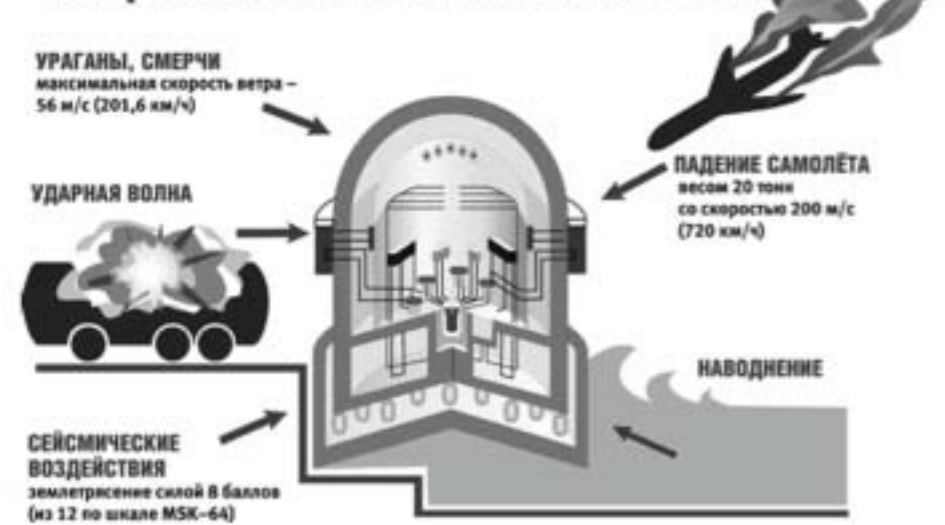
Это отнюдь не значит, что всё сделанное ранее надо забыть и начать работу с чистого листа. Напротив, все существующие наработки, варианты конструкций твэлов, активных зон, реакторов, видов теплоносителей, замедлителей и т.п. необходимо проинвентаризировать с позиции ядерной безопасности, внутренней самозащищённости, способности предотвращать ядерные аварии.

Этой совместной работе могла бы предшествовать подготовка, обобщение имеющегося опыта реакторостроения. Предлагаемые далее мероприятия — это первые этапы длительных системных усилий. Например, было бы весьма полезно создать каталог-классификатор всех уже разработанных в прежние годы проектов конверсионных реакторов. Это тем скорее нужно делать, что продолжают уходить из жизни авторы и участники этих проектов. Сами проекты, зачастую секретные или полузакрытые, пылятся в архивах разнообразных НИИ и КБ, а у молодёжи формируется представление, что множество вариантов конструкций уже рассмотрено и отвергнуто практикой. Думается, что проектов не так уж много и они все должны быть пересмотрены с точки зрения приоритета ядерной безопасности: требования к ним, критерии оценки их реализации, условия их назначения, соотношения между затратами и выгодами сейчас должны стать иными.

Международная шкала ядерных событий



ЗАЩИТА АЭС ОТ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ



Комментарии
читателей сайта
www.proatom.ru



Борис Григорьевич, предлагаю задуматься над такой моделью:

1. Матожидание частоты «масштабных» радиационных последствий третьим лицам ПО ФАКТУ (а не теории) исходя из 4 крупных аварий (Виндскейл, Три Майл Айленд, Чернобыль, Фукусима) составляет около $\lambda_{m=3E-4}$ реактор/год. Верхняя граница λ_{m} при уровне доверия 95% и доверительной вероятности 95% (по формуле Уилкса, которая позволяет оперировать и редкими событиями, см. ГОСТ Р ИСО 16269-6-2005) будет существенно больше: около $10E-3$ реактор/год. В соответствии с п.1.2.17 ОПБ-88/97: «В целях исключения необходимости эвакуации населения за пределами зоны планирования защитных мероприятий, устанавливаемой в соответствии с нормативными требованиями к размещению АС, следует стремиться к тому, чтобы оцененное значение вероятности установленного этими требованиями предельного аварийного выброса не превышало $10E-7$ на реактор в год». По факту все устремления пока ими остаются, и эти « $10E-7$ на реактор в год» несмотря на заверения, что «мы проводим совершенствование АС» и противоаварийные мероприятия, говорить о том, что ситуация изменилась к лучшему - рано.

2. Что же такое эти $3E-4/10E-7=3000$ (или $10E-3/10E-7=10000$ по верхней границе)?

2.1. Эти 3000-10000 раз означают, что отличие теоретической методики «классического атомного» ВАБА, используемого для обоснования безопасности, от методики, основанной на фактах реальных масштабных радиационных последствий имеет, отличается в 300-400 раз. А также, что необходимо предусмотреть во ВСЕХ проектах дополнительные технические решения по управлению авариями с целью ослабления их последствий. И с чем полностью согласен: результат ВАБ использовать можно ТОЛЬКО как помощь при создании ОИАЭ и один из показателей ее безопасности для получения лицензии (и не более!).

2.2. Эти 3000-10000 раз «набежали» из-за того, что не учитываются вероятности ошибочности методики, которая используется для оценки безопасности ОИАЭ, вероятность ошибочности принятия решения надзорного органа при оценке характеристик безопасности ОИАЭ при выдаче лицензий, которая обуславливается в том числе «не-совершенством» Росатома и Ростехнадзора, вероятностью неэффективности противоаварийных мероприятий. (Это же относится и к другим странам).

3. Да, нужны реакторы с новыми свойствами. Но пока они будут основой атомной энергетики, пройдет не менее 50-70 лет, а придется довольствоваться тем, что имеем. Аварии неизбежны, главное, чтобы они были редки и не страдали хотя бы финансово те, кто пострадал. То есть, нужна справедливая система выплат 3-им лицам, которые понесли ущерб (любый). Этот вопрос связан, в том числе со справедливой системой страхования рисков, которая отсутствует в России. Если случится авария на э/б нашей АЭС, то по факту будет отдуваться и платить за ущерб в 1-ую, 2-ую, 3-ую очередь налогоплательщик, а не виновный в аварии, поскольку возмещать ущерб будет государство из бюджета, т.е. из нашего кармана, а Росэнергоатом ответит копеечными страховыми суммами пула Страховщиков под эгидой СОГАЗа. Суммы платы за страховую полис (как и сама страховая сумма) определены у нас мошенническим образом. ssh77@mail.ru



«Но самое главное – необходимо сфокусировать имеющуюся информацию.»

Я бы исходил из другого императива:

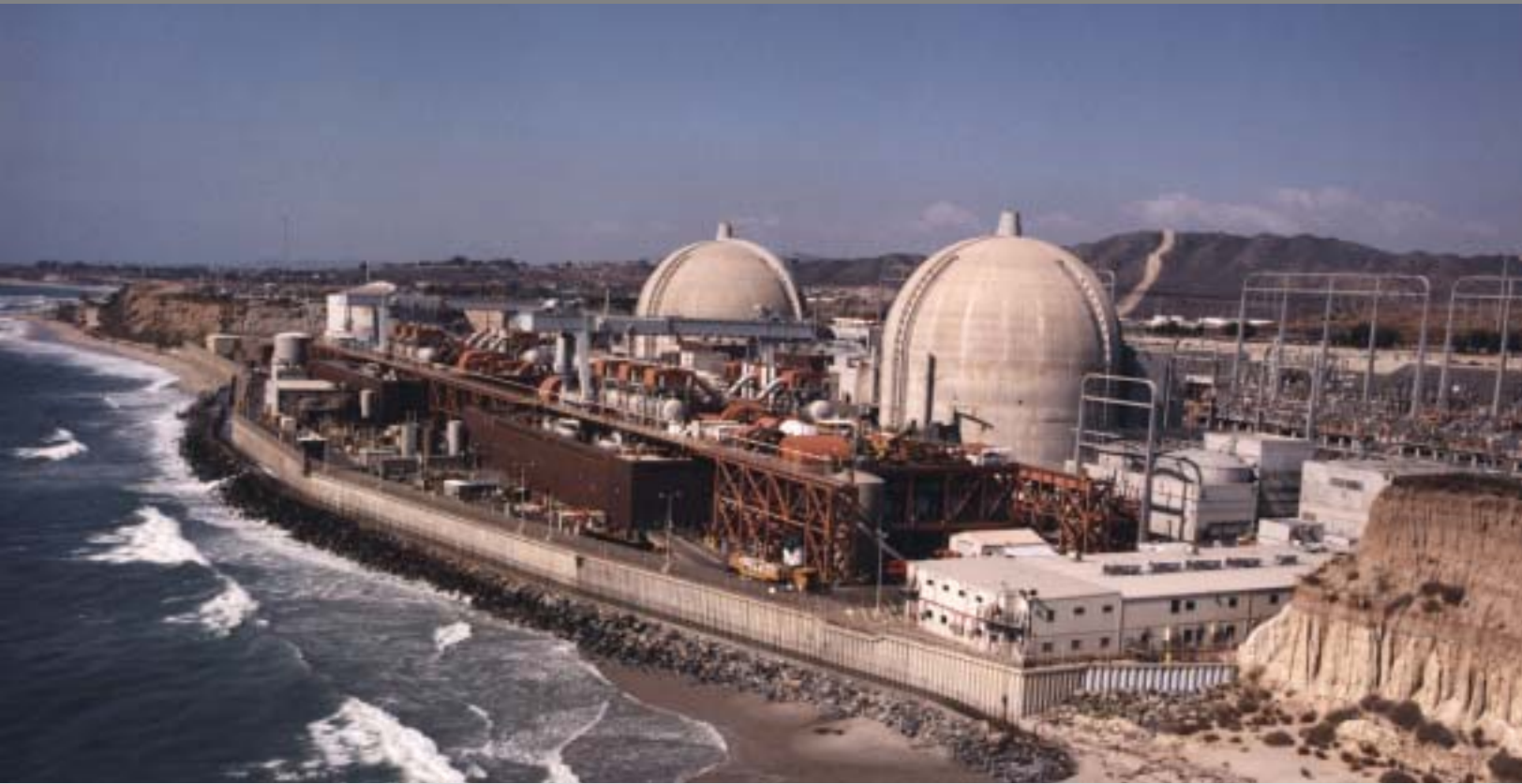
- 1) Опасность невозможно исключить, можно только постараться уменьшить ее последствия (как при проектировании, при эксплуатации, так и в ходе разрушения опасного объекта);
- 2) Не умея управлять ходом разрушения опасного объекта, мы обречены на возможность реализации максимальной ущерба и вынуждены смириться с колоссальной неопределенностью реализации этого ущерба во времени и пространстве.
- 3) При проектировании и в ситуации с разрушением объекта мы должны исходить из того, что вся накопленная радиоактивность и другие опасности выйдут в окружающую среду. Поэтому мы должны иметь отлаженные способы быстрой и эффективной фильтрации и складирования утекающей радиоактивности (и других видов опасности).



Представляется, что надо четко понимать то, что речь идет только о внутренних источниках аварий.

Вопрос о внешних причинах остается без ответа.

К ним следует отнести, например, Фукусиму. А как оценивать вероятности террористических актов, таких как 11/9? Ведь ни один РБМК не выдержит падения аэробуса! Террористы имеют очевидное преимущество, определяемое их креативностью, тогда как противодействующие службы обязаны



Было бы целесообразно разработать некий шаблон, формат описания реактора, пригодный для сопоставления по свойствам внутренней самозащитности, и распространить его по ещё существующим организациям, где прежде занимались поисками различных типов реакторов. Эта работа – организационная, недорогая и весьма плодотворная. Отрывочные сведения о разнообразных конструкциях, параметрах, характеристиках разбросаны по многим книгам и статьям, что не позволяет толком сопоставить ядерную безопасность этих вариантов между собой. Такая деятельность была бы особенно полезна для сокращения очевидного разрыва между старыми носителями знаний и молодыми разработчиками новых технологий. Организатором работы, создателем шаблона мог бы выступить любой из институтов: РНЦ КИ, ФЭИ, НИКИЭТ, НИИАР, а к заполнению шаблона Росатом в состоянии привлечь все заинтересованные подведомственные организации.

Результат этой работы позволил бы развеять витающие представления, что где-то существуют разработанные во времена С.М. Фейнберга и А.И. Лейпунского проекты реакторов, для внедрения которых стоит лишь сдуть с них пыль. В начале 90-х при поддержке Минатома Ядерное общество организовало конкурс проектов АС малой мощности: АСММ – 91. На него было подано 22 заявки, которые были распределены по диапазонам тепловой мощности: до 10, 10 – 50 и свыше 50 Мвт. Участники конкурса рассчитывали получить финансирование для реализации своих проектов, но за истекшие годы из четырёх проектов, выбранных жюри, только КЛТ-40 более-менее востребован для плавучих АС, остальные – так и остались на уровне доработки.

Стремление современных учёных создать реакторную установку, в которой ядерные аварии в принципе невозможны, возникло из их собственного, внутреннего понимания логики развития атомной энергетики. Государство, повторюсь, такую задачу никогда не ставило перед наукой. Кто знает, сколько тяжёлых аварий ещё должно произойти, пока эта идея не начнёт системно воплощаться в жизнь? Пока что возможность её осуществления как раз является предметом нынешних дискуссий.

Существует общепринятое утверждение, что «абсолютной безопасности не бывает». Оно постулируется и не является предметом доказательств так же, как ни в научной, ни в нормативной документации не определено понятие «абсолютной безопасности», которое, по существу, представляет собой метафору. Но речь идёт не об абсолютной безопасности, а о ядерной – свойстве реакторной установки с определённой вероятностью предотвращать возникновение ядерной аварии. Так что вероятность аварии является важнейшей, принципиальной, неотъемлемой характеристикой понятия «ядерная безопасность».

Для описания реальности математические модели содержат допущения и гипотезы, которые идеализируют физические явления. Справедливость допущений проверяется результатами экспериментов, которые определяют области, где математические модели совпадают с опытными данными. Вероятность, равная

единице, означает достоверность, реализацию события, одного из множества возможных. Вероятность, равная нулю, свидетельствовала бы о невозможности события, запрете на его реализацию в результате причинно-следственных связей, внутренних свойств и качеств. А так как возможных ситуаций можно придумать множество, то отсюда-то и проистекает представление обыденного сознания, что абсолютной безопасности не бывает, вероятность аварии асимптотически стремится к нулю, но его не достигает. Уместно напомнить, что любые асимптоты – результат умозрительного моделирования, и именно на границах диапазона гипотезы и допущения, как правило, не работают.

Вся эта проблематика является частью более общего контекста – способности человека предсказывать, предвидеть будущее. Человеку только кажется, что он может придумать такие модели, которые сделают возможной реализацию любого события. Под реактором внезапно может развернуться бездна или извергнуться гейзер, но это свидетельствует лишь о резвости нашего ума, тогда как реальность весьма консервативна. Так что **задача практически предотвращения ядерной аварии, по сути, состоит в разработке таких объектов, срок службы которых много меньше времени вероятного наступления аварии.**

В дискуссиях на эту тему позиция сторонников недостижимости абсолютной безопасности, безусловно, выигрышнее. На их стороне бесконечное многообразие мира и безграничность человеческой фантазии. Но речь идёт не о достижении абсолютной безопасности, а о постановке задачи практического предотвращения ядерных аварий, и здесь уже многообразие мира и безграничность фантазии на стороне тех, кто возьмётся её решать. Научные цели всегда должны быть завышены. Возможности технологий, оборудования, аппаратуры приземлят цели и явятся граничными условиями поиска конструкций, в которых ядерные аварии, практически, были бы исключены.

Во всяком случае, целый ряд свойств таких реакторов может быть уже сейчас сформулирован из имеющегося опыта /9/: если нет давления в зоне ядерных реакций, нет причин для её разгерметизации; отрицательные обратные связи препятствуют разгону реактора; инертный теплоноситель не вступает в химические реакции и т.д. Анализ событий на Фукусиме позволяет дополнительно рекомендовать, чтобы хранилища ОЯТ имели бы столько же барьеров глубоко эшелонированной защиты, что и реакторные установки. А требования, чтобы количество ОЯТ на площадке АС было бы минимально необходимым для безопасного производства электроэнергии, должны неукоснительно исполняться.

Имеющиеся сегодня предложения по конструкции реакторных установок, изначально предназначенных для мирного применения в энергетике, разумеется, несут в себе некоторые черты конверсионных реакторов. Дальнейшее их развитие, по-видимому, будет направлено на разработку иных технологий использования ядерной энергии, принципиально новых конструкций твэлов и активных зон в сочетании с такими теплоносителями и топливом, которые, в

первую очередь, обеспечат исключение ядерных аварий.

Заключение

Сказанное выше позволяет сформулировать три основных направления дальнейшего развития атомной энергетики.

1. При повышении эффективности регулирования безопасности и управления действующими АС необходимо особо тщательно проводить и проверять обоснования их безопасности при продлении сроков службы, повышении мощности и реализации других экономических мероприятий.

2. Продолжение совершенствования конверсионных реакторов следующих поколений должно сопровождаться с предельной осторожностью размещения их исключительно в странах с достаточным уровнем культуры безопасности и в местах, не подверженных экстремальным внешним воздействиям.

3. Системное создание специализированных реакторов для мирного использования в энергетике следует осуществлять с привлечением всех, в том числе, и международных участников. Именно государственная постановка такой задачи вполне может быть названа «вторым атомным проектом».

Подведение итогов периода освоения гражданской энергетикой ядерных технологий остаётся вполне актуальной задачей. Оно полезно для сохранения и упорядочения знаний, наведения мостов между поколениями и т. п. Но самое главное – необходимо сфокусировать имеющуюся информацию, чтобы направить усилия будущих разработчиков на создание проектов реакторов, основным приоритетом которых была бы ядерная безопасность. Думается, что сотой доли средств, уже тратящихся на ликвидацию последствий произошедших тяжёлых аварий, вполне хватит на проведение НИОКР по разработке реакторов, в которых ядерные аварии были бы исключены.

Конечно, можно согреться и под шинелью или из её обрезков шить лоскутное одеяло. Но для по-настоящему тёплого пледа необходим специальный материал и, может быть, особый мастер.

«Вы полагаете, всё это будет носиться? Я полагаю, что всё это следует шить».

Литература. 1. Ядерная энергия: экспертные оценки развития. Курчатовский институт 1949 – 2008 годы, М. ИздАт, 2008. 2. История атомной энергетики СССР и России, вып.1, М. ИздАт, 2001. 3. Гордон Б.Г. Идеология безопасности. М. Труды НТЦ ЯРБ, 2006г. 4. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М. «Наука» 1969. 5. Safety Objectives for New Power Reactors. Report by WENRA Reactor Harmonization Working Group, Dec.2009. 6. Орлов В.В., Аврорин Е.Н., Адамов Е.О. и др. Нетрадиционные концепции АЭС с естественной безопасностью. Атомная энергия, т. 72, вып. 4, 1992. 7. Денискин В.П., Дмитриев А.М., Наливов В.И. и др. Некоторые результаты исследования и перспективы развития высокотемпературного реактора с твёрдым теплоносителем. Атомная энергия, т. 99, вып. 5, 2005. 8. Бураков Е.В., Гольцев А.О., Степанов Н.В. и др. От РБМК к реактору РЕКОРТ через МКЭР МНТК-2010. Безопасность, эффективность и экономика атомной энергетики. Тезисы докладов, май, 2010. 9. Гордон Б.Г., Пискунова Н.А. О рекомендациях по повышению самозащитности ядерных реакторов. Атомная энергия, т.110, вып.2, 2011. Данная статья опубликована в журнале «Электрические станции №12, 2011 г. Печатается в нескольких расширенном варианте и авторской редакции.

Любая система, обладающая избытком энергии, является опасной. Уважаемый Б.Г.Гордон старается игнорировать это бесспорное утверждение.

Уважаемый Б. Г!
Рассматривая тренд на самозащитенность от всех значимых рисков реальным шансом для ядерной энергетики стать общественно-приемлемым продуктом, нахожу Вашу статью весьма важной и полезной для всех энтузиастов развития ядерной энергетики. И.Слесарев

1. «Хорошо бы пояснить, как получена величина $3 \cdot 10^{-4}$ 1/реактор*год»
На настоящий момент времени наработано около 14000 реактор*лет (на 2008 год - 12700реактор*лет, МАГАТЭ), $4/14000=2,86e-4$ /реактор/год.

2. Поскольку «действительность» (в нашем случае сложные и опасные технические объекты) принято в науке и технике описывать моделями, которые имеют, как известно, допущения. Не приняв определенных допущений мы не сможем использовать ни статмат-модели используемого ВАБа, ни какие-либо другие. Что важно иметь в виду, что обосновать состоятельность принятых допущений, как правило, не представляется возможным. Каков же критерий принятия моделей? - ОПБ-88/97 предлагают делать выбор на основе того, какая модель и/или допущения дают более консервативный вариант. Наличие 4 тяжелых аварий нельзя не учитывать в методике ВАБа. Именно их наличие - эталон точности для ВАБа.

Из этого следует, что если ВАБ-1 и предлагаемая модель дают разные вероятности выброса, то принимать необходимо наибольшую, и в соответствии с этим принимать описанные в ОПБ-88/97 меры. Действительно, упомянутый ГОСТ имеет дело с расчетом толерантных доверительных интервалов:

а) параметрическим методом при допущении нормального распределения,
б) с непараметрическим при любом распределении, но при допущении непрерывности функции распределения.
Вид формул Уилкса приведен в приложении этого ГОСТа (Приложение G).

Из сказанного следует старый и актуальный вывод - вопрос как всегда в выборе методики расчета и в методике принятия решения.

3. «Что касается требования ОПБ, то приведенные в них три вероятностных значения - это не критерии безопасности, как иногда трактуется, а целевые показатели»
- как угодно можно назвать (это вопрос толкования, неплохо бы в нормативном документе дождаться определения «целевого показателя» и того, что в ОПБ именно о них речь, а не в литературе на тему), важно, что из этого следует. Из ОПБ следуют совершенно понятные требования, что надо, если «целевые показатели» не выполнены. И это «надо» стоит денег и/или изменений конструкций. И эти «целевые показатели» можно определять, используя несколько подходов, причем очевидно, что используемый сейчас неконсервативный.

4. ЧПЗ с течением могут и расти, и падать - опять же, это вопрос методики. Уверен, что для Фукусимы ЧПЗ также «снижались», возможно, если бы считали для ЧАЭС - на бумаге можно было бы также продемонстрировать снижение.

Да, но есть еще один метод: сослаться на отсутствие методики, беллетристику, которая это вроде бы подкрепляет, а далее создать нормативный документ, под который можно подложить «удобную» методику. Это не есть правильно. ssh77@mail.ru

«Хорошо бы пояснить, как получена величина $3 \cdot 10^{-4}$ 1/реактор*год» - на настоящий момент времени наработано около 14000 реактор*лет (на 2008 год - 12700реактор*лет, МАГАТЭ), $4/14000=2,86e-4$ /реактор/год»

Очевидно, посчитали Чернобыль и три блока Фукусимы. На ТМ1-2 выброса не было, а было только плавление активной зоны, но были выбросы при других авариях: 21 декабря 1967 года, Белоярская АЭС, 30 ноября 1975 года. Ленинградская АЭС, январь 1982 года, Ровенская АЭС (без плавления, просто выход теплоносителя первого контура на улицу).
Получается больше 4-х в числителе или знаменатель надо уменьшать на наработку РБМК.

Посчитали Виндскейл, Три-Майл-Айленд (выброс был, но не предельный, но, тем не менее, было плавление зоны), Чернобыль, 1 блок

Фукусимы. При желании сюда можно включить и дополнительные блоки Фукусимы, и пороговые случаи, когда не было ни свойств конструкции, способных предотвратить выброс, ни организационных мер, и только «случайность» не привела к тяжелой аварии. ssh77@mail.ru

Надо считать три плавления зоны на Фукусиме или уменьшать наработку (знаменатель) из реакторо-лет в АЭС-года.

Не считаю, что имеет принципиальное значение тип РУ, с которых были выбросы. Почему: все АЭС делаются так, чтобы удовлетворять требованиям надзорного органа. Но порядок значения от предлагаемых манипуляций не изменится.

Борис Григорьевич, Вы не могли бы ответить на вопрос:

Имеется две эксплуатирующие организации (ЭО), (например, Белоярская АЭС и ОАО «ИРМ»), которые находятся в непосредственной близости друг от друга (через «загородку»). Персонал одной ЭО (например, ОАО «ИРМ») для другой ЭО (например, для Белоярской АЭС) является «населением» или «персоналом» с точки зрения НРБ-99 и пр. нормативных документов?

Ответ: является населением, т.к. персонал категорий А и Б определен приказом по предприятию.

«2.Тезис, что опасность невозможно исключить, не очевиден.»

Внешние воздействия - один видов опасности. Часть из них непрогнозируется или прогнозируется с недостатком времени на ответные меры. Полагаю, вопрос о неочевидности более сложен.

Предлагаю тем гражданам, которые еще не поняли, что опасность невозможно исключить, доказать обратное.

Докажите, что можно полностью исключить возможность выброса существенного количества радиоактивности на ядерно- и/или радиационно- опасном объекте, имеющим длительные последствия, как для локальной экосистемы, так и для местного населения

через воздух, воду и пищевые цепочки. Из существующих объектов и существующих проектов ядерно- и/или радиационно- опасных объектов безопасных не существует. Я же утверждаю следующее: чем выше энергетический поток проходит через объект, тем быстрее он разрушается, т.к. согласно 2-му принципу термодинамики часть энергии всегда будет идти на диссипацию, т.е. на разрушение и на рассеяние в пространство. Выводы:

1) Проектируя и сооружая опасный объект, необходимо одновременно готовиться к его возможному и внезапному разрушению (трудно в учении - легко в бою); Проводить учения персонала АЭС и местных властей по моделированию аварийных ситуаций.
2) Не жалеть усилий на контроль состояния опасного объекта и проведение превентивных мероприятий; мониторинг состояния оборудования, узлов, трубопроводов и т.д. должен производиться в течение всей жизни данного оборудования с возможностью отслеживания его истории.

3) Тщательно соблюдать выполнение регламентных работ, своевременно и качественно проводить ремонты; накапливать историю всех производимых на объекте ремонтных работ;

4) Обеспечить качественный государственный контроль индустриальной инфраструктуры, обеспечивающей поддержку изготовления, монтажа и эксплуатации оборудования, строительных конструкций (чтобы на АЭС не приходило оборудование и запчасти, сделанные из «глины»).

5) Должна быть минимизирована главная опасность любого энергоемкого объекта - коррупция во всех сферах, так или иначе влияющих на его безопасность (проектирование, строительство, эксплуатация, госнадзор и т.д.).

6) В стране должны быть приняты и действовать внятные и непротиворечивые законы и нормативные акты, регулирующие все аспекты ядерной энергетики. Нормативная база должна четко определять механизмы ответственности за все виды деятельности, так или иначе влияющей на безопасность объектов. (Опасность будет снижена только тогда, когда каждый работник от президента страны до оператора АЭС на своем месте будет четко осознавать меру своей ответственности и личных последствий в результате проявления преступной халатности).

XIX международная специализированная выставка

ЭНЕРГЕТИКА и ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

22-25 мая 2012

Санкт-Петербург
Ленэкспо, Пав. 7, 8А
В.О., Большой пр., 103

РЕСТЭК®
ВЫСТАВОЧНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ

ВО «РЕСТЭК®»
Тел.: (812) 3038868
energo@restec.ru
www.restec.ru/power

Ленэкспо
С-Петербург

ОАО «Ленэкспо»
Тел. (812) 321-2630
L.Smetanina@lenexpo.ru
www.energetika.lenexpo.ru

Генеральные информационные спонсоры в сети Интернет:

Генеральные информационные спонсоры:

Информационные спонсоры:

Интернет партнеры:

elec.ru
Энергетический Рынок России и СНГ

RusCable.Ru

ЭНЕРГЕТИКА
РОССИИ

ЭЛЕКТРО
ЭНЕРГИЯ

ЭНЕРГОНАДЗОР

КАБЕЛЬ

INFO Line

ELEKTROPORTAL.RU
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ ПОРТАЛ



Александр Просвирнов,
ОАО «ВНИИАС», г. Москва,

О модульности, как новой философии создания АЭС

«Не в совокупности ищут единства, но более - в единстве разделения»
Козьма Прутков. «Мысли и афоризмы».

Поиски мер повышения конкурентоспособности новых АЭС по сравнению с тепловой энергетикой на органическом топливе [1] показывают, что основными проблемами для АЭС остаются риски высоких капитальных затрат и неоправданное затягивание сроков строительства. И хотя на непредвиденные расходы и прочие работы и затраты у нас планируется порядка 18%, в нашей действительности и по оценке американских специалистов к концу стройки стоимость АЭС вырастает примерно в 2 и более раз.

По оценке фирмы Mott MacDonald [12] на 2010 год, проводимой по заказу правительства Великобритании, для вновь вводимых АЭС, стоимость электроэнергии составит £85/МВт*час для первого блока на площадке и £70/МВт*час для последующих блоков. По оценке той же фирмы себестоимость строительства блока – 3500 \$/кВт, дополнительные затраты на инфраструктуру при строительстве первого блока на площадке – 700 \$/кВт, норма прибыли – 300 \$/кВт, непредвиденные расходы застройщика (премия за риск) – 250 \$/кВт, итого – 4750 \$/кВт – вот оценка стоимости для EPC компании. Кроме этого непредвиденные расходы владельца (инвестора) – 750 \$/кВт, перерасход средств – 500 \$/кВт и сумма капитальных затрат вырастает до 6000 \$/кВт. То есть заранее закладывается практически удвоение себестоимости строительства АЭС. Многие руководители пришли уже к мнению, что крупно-модульная сборка может существенно ускорить процесс строительства. Фирма Westinghouse, подходя к размаху к будущим стройкам, планирует размещать вблизи «куста» строек АЭС заводы по созданию укрупненных модулей и поставку их на ближайшие стройки АЭС.

Так что же это за зверь такой – модульность? Википедия определяет этот термин как «принцип построения технических систем, согласно которому функционально связанные части группируются в законченные узлы – модули. Модульность – это свойство системы, связанное с возможностью ее декомпозиции на ряд внутренне связанных между собой модулей». Сущность модульного принципа – комплектование разнообразных сложных нестандартных изделий с большим различием характеристик из небольшого экономически обоснованного количества типов и типоразмеров одинаковых первичных общих элементов – модулей. Модуль в таком понимании – это самостоятельное изделие, имеющее автономную документацию на изготовление, полностью собранное, прошедшее функциональную проверку и готовое к монтажу. Модули могут легко соединяться, образуя сложные системы, разъединяться и заменяться с целью получения систем с другими компонентами и характеристиками при ремонте или модернизации [11]. Принцип модульности напрямую связан с принципом унификации, стандартизации и типизации. Будем различать два типа модулей: функциональный и размерный. В идеале имеем полностью функциональный модуль со встроенной системой управления с минимальным стандартным интерфейсом, размещенный в границах

стандартизованных типовых размеров.

На самом деле, идеальным случаем может быть полное заводское изготовление энергоблока или отдельно ядерного и турбинного островов на заводе в виде поставочных модулей. Возможности гидромонтажа такой конструкции в системе каналов и шлюзов описаны в работе [2]. Сразу надо оговорить, что это не плавучая АЭС. В работе [2] описан способ транспортировки водным путем и гидромонтаж прибрежной АЭС. Ограничителем в этом случае может быть только величина единичной мощности энергоблока. Анализ плюсов и минусов уменьшения единичной мощности энергоблока приведен в статье [3]. На сегодняшний день достигнут заметный прогресс в размерах нефтяных платформ, изготавливаемых на заводах и транспортируемых водным путем до точки назначения. В таблице 1 приведены характеристики нефтяной платформы «Приразломная». Уже сейчас ее характеристики по объемам сравнимы с размерами контейнера ВЭР-1000.

персонал	200 человек
Масса верхняя часть	39 тыс.тонн
Масса нижняя часть (кессон)	79 тыс.тонн
общая высота	141 м
высота кессона	24,3 м
кессон в нижней части	126 x 126 м
кессон в верхней части	102 x 102 м
танки для нефти	14 шт. (113 тыс.м³)
танки для воды	2 шт. (28 тыс.м³)

Таблица 1 Характеристики нефтяной платформы «Приразломная»

В России после развала СССР остались в резерве значительные мощности на заводах, производящих атомные подводные лодки, атомные ледоколы, нефтяные платформы. Эти мощности могут быть загружены заказами по производству крупных унифицированных модулей АЭС, унифицированных под эти модули плавучих доков для доставки крупных модулей на площадки АЭС. Подобный метод приведет к серийному поточному производству АЭС в заводских условиях и коренному изменению технологии строительства АЭС.

Предложенная в [2] технология монтажа АЭС позволит сократить срок строительства первого блока до одного-двух лет, которые потребуются для подготовки канала и шлюзов, а также строительства общественных зданий и систем. Однако в последующем возможен монтаж следующих блоков за 3-6 месяцев и время ввода в строй энергоблока АЭС будет определяться уже возможностями заводов, изготовителей крупных модулей АЭС.

Для площадок АЭС, расположенных вдали от водных артерий возможен другой подход по типу «лего», то есть собирать АЭС из модулей, размером со стандартный контейнер для автомобильных и железнодорожных перевозок. Для подобной технологии выгоднее использовать единичную мощность энергоблока на уровне 250-350МВт [3],[7]. В этом отношении интересен проект блочно транспортабельной АЭС БН ГТ-300 [7], в архитектуру которой заложены принципы модульности.

Уже сейчас используется заводское изготовление трубных колен сложной конфигурации для

уменьшения сварных работ на площадке АЭС. Можно пойти дальше и формировать в размерах стандартного контейнера функциональные модули, основанные на следующих принципах:

- Стандартизация размеров и интерфейсов;
- Принципы безопасности;
- Возможность транспортировки;
- Минимум гидравлических связей между модулями;
- Экономичная компоновка;
- Унификация монтажных связей между модулями;
- Простота монтажа.

В таблице 2 представлены габаритные размеры стандартного 40 футового контейнера.

	Длина	Ширина	Высота
Внешние, мм	12192	2438	2895
Внутренние, мм	12032	2347	2684
Двери, мм	-	2338	2585
Вес, максимальный, брутто, кг	30480	Объем (вместимость), м³	76
Вес тары, кг	4150		
Вес груза, кг	26330		

Таблица 2. Габаритные размеры 40 футового контейнера

Все интерфейсы (связи) между модулями должны быть стандартизированы и унифицированы по каждому типу, например, электросиловое питание, оптоволоконный кабель, кабель управления, гидравлическая связь (трубопроводы) и т.д. Встроенная в модуль система управления может предполагать только цифровой интерфейс по оптическому кабелю или для неотвечивающих систем беспроводной интерфейс 4G.

При переходе на модульные методы строительства и монтажа необходимо менять и философию проектирования. Идея модульности должна быть заложена в системную архитектуру АЭС. На стадии функционального анализа [5] должны быть декомпозированы функциональные блоки на функциональные системы, пространственно ограниченные до размеров стандартных контейнеров или размеров, кратных стандартному контейнеру. При этом основным оптимизирующим критерием должен быть минимальный и стандартизированный интерфейс между модулями. На западе принят термин Commercial Off The Shelf (COTS) – готовые к применению модули коммерческого исполнения. Иными словами должна измениться практика поставки готовых к использованию COTS-модулей с заводов – изготовителей. Модули должны поставляться с результатами тестовых испытаний с полным комплектом документации, как на готовое изделие, включая интерактивные электронные технические руководства (ИЭТР) по монтажу, техническому обслуживанию и ремонту (ТОиР).

Более того, может измениться и философия поставки. Сегодня завод отвечает за свою поставку только в пределах гарантийного срока и только за единицы оборудования (насос, задвижка, теплообменник и т.д.). Для АЭС со сроком службы в 60 и более лет эта ответственность завода ничтожна. Ответственность за функциональный модуль (выполнение функции) целиком лежит на эксплуатирующем персонале. Может быть выгоднее закупать функциональные модули

с гарантийным техническим обслуживанием на весь жизненный цикл АЭС? Во многих отраслях с длительным жизненным циклом, например в авиации, произошло изменение в философии поставки. Поставщики крупномодульного оборудования, например, авиадвигателей готовы даже снизить начальные цены за поставку при наличии долгосрочных договоров на обслуживание и ремонт. Подсчитано, что на длительной стадии эксплуатации доходы от сервиса могут многократно перекрывать доходы от поставки. Многие фирмы, производители оборудования, сделали акцент на доходы за сервис (обучение, внедрение, развитие, обслуживание, ремонт, дополнительный функционал). В этом случае и ответственность изготовителя за качество своей поставки будет гораздо выше, так как любой брак будет наказываться рублем на всем протяжении жизненного цикла поставочного изделия. В случае отказа изделия (модуля) с завода должна приехать команда и либо отремонтировать, либо заменить модуль. Действия эксплуатационного персонала в этом случае должны сводиться к неукоснительному выполнению регламента и инструкций по эксплуатации, а риск от простоя и времени восстановления ляжет на плечи завода-изготовителя или страховой компании. Безусловно, должна быть развита и система страхования для подобных случаев и методы диагностики и предварительного предсказания сроков технического обслуживания и ремонта (ТОиР). Обратная связь по опыту эксплуатации должна быть в режиме «on-line» с заводом-изготовителем для постоянного мониторинга риска [5]. В этом случае можно существенно сократить эксплуатационный персонал АЭС. Итак, важно отметить, что модульность должна облегчить не только процессы создания (строительства, монтажа), но и процессы эксплуатации (технического обслуживания и ремонта (ТОиР), замены и модернизации). Модульность позволяет упростить задачу быстрой и эффективной модернизации систем контроля и управления (СКУ), которые морально устаревают гораздо быстрее основного оборудования, рассчитанного на 60 и более лет. Кроме этого, из-за технологической невозможности на момент проектирования обеспечить заданный срок службы отдельных видов оборудования (модулей) может потребоваться замена этих модулей на стадии эксплуатации, и проработка еще на стадии проектирования этих возможностей может существенно ускорить эти процессы на стадии эксплуатации, что приведет к существенной экономии средств.

В сам модуль должны быть встроены и элементы крепления к строительным конструкциям для монтажа параллельно со строительством. Компоновка модулей должна позволять их замену без демонтажа соседних модулей или при минимальных затратах.

Примерная последовательность работ при применении философии модульного проектирования:

- выделить системы, которые требуют крупноблочного монтажа;
- все остальные технологические системы скомпоновать в модули стандартных размеров, за основу взять размеры стандартных контейнеров (40, 45 футов), при этом

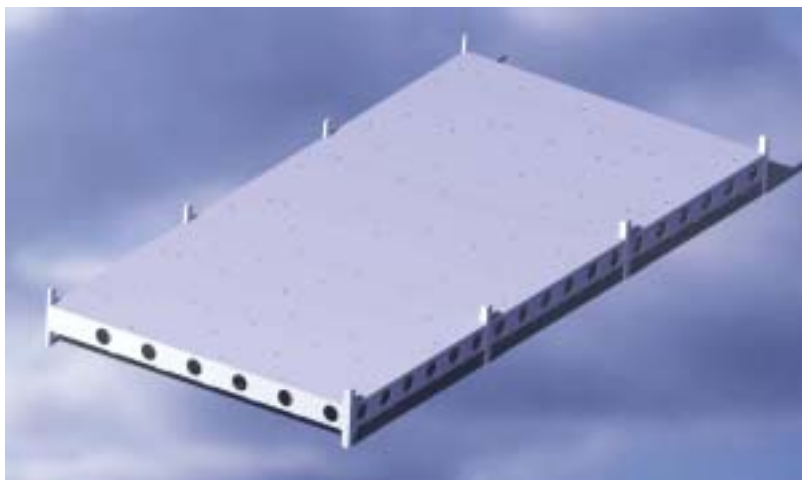


Рис. 1 Основная металлическая панель - базовый элемент технологии

	В(эл. ген)	В(СН)	С, D	F	J	K	P	Q	L	M	G	S
В(эл. ген)		X									X	
В(СобНужд)	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
С, D (СКУ)	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
F(ОЯТ)		X	X	X	X	X	X					
J(Яд. Системы)		X	X	X	X	X	X		X			
K(обесп. Яд. Систем)		X	X	X	X	X						
P(отвод тепла)		X	X	X	X				X	X	X	X
Q(обесп. Осн. Систем)		X	X						X	X		X
L(пар и лит вода)		X	X		X			X	X	X		
M(турбо генератор)		X	X					X	X	X		
G(вода-подача и отвод)		X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
S(обесп. вспом. Систем)		X	X				X	X			X	

Рис. 2 Пример укрупненной матрицы DSM для энергоблока АЭС

несущие конструкции систем могут быть совмещены со строительными конструкциями (см. ниже), что должно позволить осуществлять монтаж оборудования параллельно в процессе монтажа строительных конструкций;

- разработать и включить в состав модулей оборудования дополнительные стандартные металлические каркасы и постаменты, обеспечивающие крепление оборудования, транспортную и монтажную жесткость, включить в состав модулей дополнительные демпфирующие устройства и др.;
- проработать с поставщиками оборудования соответствующие требования по модульному исполнению, стандарты интерфейсов, договора сервиса на стадии эксплуатации;
- проработать совмещение и координацию строительных, тепломонтажных работ и прокладки кабелей (разработать модель и смоделировать процессы монтажа).

В качестве примера модульного подхода можно привести проект AP1000. Модули в AP1000 формируются посредством серии сборочных операций, включающих изготовление элементов и их первичную сборку, изготавливаются как на удаленных предприятиях, так и на местах сооружения АЭС. Размеры модуля ограничены: 3.66*3.66*12.2 метров, а вес: 40 тонн. В случае производства модулей на производстве, удаленном от строительства, можно получить следующие преимущества:

- более высокая продуктивность,
- ниже затраты на трудовые ресурсы,
- нет ограничений пространства (как на месте строительства) для сборки,
- улучшенный контроль качества.

Как следствие возможны и недостатки: увеличение сложности проекта, увеличение расходов на доставку больших модулей, дополнительные расходы на производство рамных конструкций.

Можно привести еще массу примеров новых проектов АЭС, которые предполагается разрабатывать по модульному принципу, например, в США принята концепция создания малых модульных реакторов Small Modular Reactors (SMRs), в рамках которой предусмотрено разработать проекты на базе LWR за 5-10 лет (mPower фирмы Babcock&Wilcox на 125 MBт, NuScale фирмы NuScale Power, Inc. на 45 MBт, International Reactor Innovative and Secure (IRIS) фирмы Westinghouse International на 335 MBт [14]).

На базе других проектов (Non-LWR designs) за 10-15 лет предусматривается разработать:

- Advanced Reactors for Energy Supply (ANTARES) компании Areva на 275 MBт;
- Modular High-Temperature Reactors (MHR) компании General Atomics на 280 MBт;
- Pebble Bed Modular Reactor (PBMR) фирмы Westinghouse на 250 MBт [14].

На базе концепции улучшенных реакторов и технологий (Advanced Reactor Concepts and Technologies) предусматривается разработать за 15-25 лет:

- Global Energy Module (GEM50) фирмы Brookhaven Technology Group на 10 MBт;
- Power Reactor Inherently Safe Module (PRISM) фирмы General Electric на 311MBт;
- Hyperion Reactor фирмы Hyperion Power Generation на 30 MBт;
- Sodium-Cooled Fast Reactor Sandia National Laboratory на 100 MBт;
- Traveling Wave Reactor (TWR) фирмы TerraPower на 350 MBт;

- Toshiba 4S (Super Safe, Small and Simple) компании Westinghouse – Toshiba на 10 MBт [14].

Модульность в строительстве

Основа индустриализации строительства – это перенесение максимального объема производственных операций в заводские условия.

Основной способ: изготовление укрупненных сборных элементов с высоким уровнем заводской готовности на механизированных или автоматизированных технологических линиях с нетрудоёмким механизированным монтажом этих элементов на строительной площадке. В этой связи на первый план выступает унификация, как научно-обоснованное сокращение числа общих параметров зданий и их элементов путем устранения функционально неоправданных различий между ними. Унификация обеспечивает приведение к единообразию и сокращению числа основных объемно планировочных размеров зданий (высот этажей, проемов перекрытий) и как следствие единообразию размеров и форм конструктивных элементов заводского изготовления [10].

Унификация позволяет применять однотипные изделия в зданиях различного назначения. Она обеспечивает массовость и однотипность конструктивных элементов, что способствует рентабельности и заводскому изготовлению. Основой для унификации в геометрических размерах изделий является Единая модульная система в строительстве (EMC) – совокупность правил координации (взаимного согласования) объемно-планировочных и конструктивных размеров здания строительных материалов и оборудования для их формирования на основе кратности единой величине – модулей. В большинстве европейских стран в качестве единственного модуля «М» принята величина 100 мм [10].

Методы строительства вспомогательных зданий и сооружений АЭС также могут быть унифицированными. Интересна технология фирмы Broad Sustainable Building (BSB) из Китая (<http://www.broad.com:8089/english/product/bsb/bsb.asp>). Можно сказать, что это революция в технологии строительства обычных зданий. При демонстрации технологии монтаж конструкции отеля в 15 этажей произвели за 46 часов, а внешнюю отделку закончили еще за 90 часов (http://www.youtube.com/watch?v=YShIbejY_ok).

При использовании предложенной технологии убираются риски от строительства:

- Риск низкого качества проекта;
- Риск низкого качества строительства;
- Риск увеличения бюджета строительства;
- Риск задержки строительства.

Базовым элементом технологии является основная металлическая панель 7.8м или 15.6м длины, 3.9м ширины и 0.45м высоты (перевозка 4 панелей на 1 грузовике или платформе – 120 м² или 240 м² панелей, см. Рис. 1). Первый слой панели – готовый пол, нижний слой – потолок, между ними трубы для вентиляции и отопления (HVAC), воды и электрических кабелей. Все аксессуары для каждого этажа состоят из колонн, диагональных растяжек, стен, дверей и окон, которые поставляются вместе с каждой панелью. После установки панелей рабочим необходимо только смонтировать колонны, диагональные растяжки, двери и окна болтами. Технология дает следующие преимущества:

- без бетона, кроме фундамента. 3 см стяжки на профилированном стальном листе пола (вес материала 300-400кг/м²);
- низкая металлоемкость каркаса быстровозводимого здания, малый собственный вес конструкции, амортизация при землетрясении;
- все здания рассчитаны на 9 бальное землетрясение. Легко сделать точную уменьшенную модель для тестирования землетрясения;
- так как производство панелей заводское, то рецикл отходов стали и материалов составляет 95–96%.
- В результате можно получить следующие эффекты:
- короткий срок изготовления металлоконструкций каркаса (серийные проекты – серийные детали);
- низкая стоимость транспортировки строительных конструкций;
- небольшие затраты на фундаменты здания (легкое здание);
- экономия на работе механизмов (кранов, экскаваторов, бульдозеров);
- короткий срок монтажа каркаса и ограждающих конструкций (здание собирается как конструктор из готовых металлоконструкций заводской готовности);
- всепогодное строительство в любое время года;
- комплект быстровозводимого здания поставляется Заказчику в полной заводской комплектации (возможна поставка окон, ворот, грузоподъемных механизмов, лестниц, инженерного оборудования);
- ограждающие конструкции из сэндвич-панелей поэлементной сборки позволяют обеспечить сохранность тепла внутри помещения, изоляция стен и окон в 2-4 раза выше, чем требуют локальные стандарты;
- построенное быстровозводимое здание не требует дополнительной отделки;
- здания с ограждающими конструкциями из кассетных сэндвич-панелей имеют высокие пожаробезопасные свойства. Кассеты, в фасадных конструкциях, способны достаточно эффективно предотвращать распространение огня по многочисленным ячейкам сэндвич – панелей. Даже если произойдет выгорание оконного блока, то огонь не распространится по поверхности листовой сборки;
- любой серийный проект здания можно с легкостью подстроить под требования Заказчика (расположение остекления, размеры и расположение ворот, дверей);
- универсальность зданий (склады, промышленные здания, спортивные комплексы);
- Отходы от строительства менее 1%;
- структура панели служит ключевым несущим элементом конструкции для создания зданий заводского изготовления; Структура диагональных растяжек дает легкий вес;
- 4-6 этажей монтируются за 1 день, нет воздействий на соседей;
- нет пыли или грязной воды, нулевые выбросы при строительстве.

На АЭС по вышеописанной технологии можно строить здания общестанционных, общеблочных и вспомогательных систем [6], административно-бытовые здания, а также при доработке комплекта стандартных модулей обстройку контейнера, турбинный зал и т.д.

Модульность

В судостроении [11]

В конце 40-х годов в СССР был разработан типоразмерный ряд речных наливных барж грузоподъемностью от 100 до 12 000 т, которые должны были собираться из стандартных плоскостных секций размерами 9600X2560 мм. Количество секций на каждую баржу составляло от 22 до 512 штук. Выполненные расчеты показывали, что трудоемкость серийной постройки барж различной грузоподъемности в случае использования секций-модулей должна была снизиться в 2,2- 2,5 раза. Резко сокращался производственный цикл, пропускная способность верфей возрастала в 2 раза и более. Однако практического воплощения это предложение в то время не получило.

Еще в годы второй мировой войны в Германии осуществлялось крупносерийное строительство подводных лодок из полностью насыщенных корпусных блоков, к тому же изготовленных на разных предприятиях.

В 60-е годы было построено 18 судов проекта «Пионер» западно-германской фирмы «Блом унд Фосс» на базе платформы MEKO®. На базе стандартных секций и блоков-модулей эта фирма предлагала создать пять вариантов судна: четырех сухогрузов, различающихся дедвейтом, и одного контейнеровоза.

Широко известна также модульная постройка в США на Великих озерах судов для перевозки массовых грузов, различающихся длиной и грузоподъемностью. Эти суда собирались из блоков-модулей кормовой и носовой оконечностей и цилиндрической части. На постройку судна длиной 259 м уходило 15 модулей цилиндрической части, а длиной 305 м – 18 таких модулей. Модули цилиндрической части и оконечностей изготавливали на разных верфях, причем модули оконечностей после спуска на воду и стыковки на плаву своим ходом перегоняли на верфь, где изготавливали модули средней части и завершали постройку судов в целом.

Значительно привлекает использование на судах так называемых функциональных модулей – сборочных единиц межпроектного применения, основу которых составляет судовое оборудование (механическое, теплотехническое, электронное и др.), смонтированное на корпусных конструкциях, прошедшее соответствующую проверку и готовое к выполнению своих функций после установки модуля на судно.

Применение функциональных модулей будет обусловлено не столько требованием совершенствования технологии судостроения, сколько эксплуатационными соображениями. С их помощью, возможно, удастся разрешить противоречие развития судостроения – противоречие между все увеличивающимся сроком службы («потенциальным долголетием») судов как плавучих платформ (вследствие совершенствования конструктивных материалов, защитных покрытий, повышения надежности и ресурса судовых механизмов и т. п.) и уменьшающимся временем эффективной службы судна из-за ускорения морального старения техники (особенно приборной) в условиях стремительного научно-технического прогресса. Смонтированные в виде функциональных модулей радиолокационные, радиосвязные и навигационные комплексы и другое технологическое оборудование смогут заменяться в процессе эксплуатации судов с минимальными затратами труда и времени на новые, более совершенные образцы, обеспечивая тем самым поддержание на должном уровне эффективности судна как системы [11].

А как скажется внедрение функциональных модулей на облике будущего судостроительного производства? Во-первых, часть монтажных работ верфи при этом неизбежно будет передана заводам – изготовителям судового оборудования, где, благодаря значительной большей повторяемости работ, удастся существенно повысить их технический уровень, перейти на механизированную и автоматизированную сборку модулей. Во-вторых, процесс установки функциональных модулей на судно будет неоднократно повторяться в течение эксплуатации, что обусловит целесообразность интеграции судостроительного (в части монтажа модулей) и судоремонтного производства и создания специальных средств для погрузки-выгрузки модулей [11]. Если уж и строить в будущем серийные плавучие АЭС, то только с учетом тенденций модульного создания судов.

Транспортировка крупногабаритных модулей

В случае, когда все-таки не удастся сделать модуль в стандартных размерах для перевозки по суше крупногабаритных блоков на площадке АЭС, расположенные вдалеке от водных артерий, возможны различные варианты. Существуют низкорамные платформы на колесной основе, на воздушной подушке. Уже сейчас на них перевозят трубы, негабаритные емкости, станки с производственным назначением, крупногабаритную тару (бочки и прочее), тяжелую строительную и дорожную технику, нефтяное оборудование, сложные архитектурные объекты и композиции и многое другое. Однако у этих методов есть один недостаток – провоз крупногабаритных грузов под мостами составляет большую проблему.

В последнее время большое внимание уделяется хорошо забытому транспорту – дирижаблям. На первый взгляд это кажется экзотичным, однако многие серьезные фирмы уже вкладывают немалые деньги в этот транспорт. Например, канадская фирма SkyHook International, подписала соглашение о сотрудничестве с аэрокосмическим гигантом Boeing на создание транспортного дирижабля грузоподъемностью 40 т, что вдвое больше грузоподъемности крупнейшего в мире грузового вертолета Ми-26. Отличительной особенностью этого вида транспорта является его способность осуществлять монтаж поставляемого модуля.

Германский проект дирижабля CL160. (объем 550 000 м³, длина 260 м, диаметр 65 м, высота 82 м), предназначенный для перевозки 160 тонн полезного груза на расстояние до 10 000 км, так и не был построен из-за финансовых трудностей, несмотря на значительный объем проделанных работ. Был построен ангар, предназначенный для производства и эксплуатации CL160. Ангар (360 м в длину, 220 м в ширину и 106 м в высоту), был сам по себе чудом техники и является до сих пор самым большим подобным объектом, превышая по размерам эллипсы 1930-х годов. Как только возникнет прямая потребность в дирижаблях подобных размеров, они будут созданы в кратчайшие сроки. В любом случае, атомная промышленность может стать прямым заказчиком и инвестором таких аппаратов с учетом их быстрой окупаемости при строительстве АЭС. Стоит также рассмотреть и их использование в качестве подъемных механизмов вместо кранов или в дополнение к ним.

Теоретические аспекты модульности

В системной инженерии [4] модульность рассматривается при разработке системной архитектуры с использованием метода DSM (матрицы структуризации проекта, см. рис. 2).

Матрица DSM строится на стадии создания системной архитектуры. На рис. 2 представлен пример подобной матрицы для энергоблока АЭС. Для минимизации интерфейсов сгруппированы 2 блока модулей «ядерный остров» (F,J,K) и «турбинный остров» (L,M). Из матрицы видно, что системы снабжения электричеством на собственные нужды, системы управления и водоснабжения имеют интерфейс со всеми системами. Исходя из этого, нерационально их выполнять единым модулем, они должны быть встроенными подмодулями в каждом модуле, с которым предусмотрен интерфейс. В то же время, многочисленность связей этих систем дает возможность для унификации этих подмодулей и использования однотипных подмодулей в различных модулях АЭС. Иными словами модульность может быть вложенной по типу вложенности систем.

Основные успехи в теории и практике модульности достигнуты в работах Министерства обороны США. Разработана программа AIMS (Architectures, Interfaces & Modular Systems – архитектуры, интерфейсы и модульные системы) с переходом на программу OSA (Modularity & Open Systems Architectures – модульность и системы с открытой архитектурой), с помощью которых проводят в жизнь программу MAS (Modular Adaptable Ship – модульный адаптивный корабль)

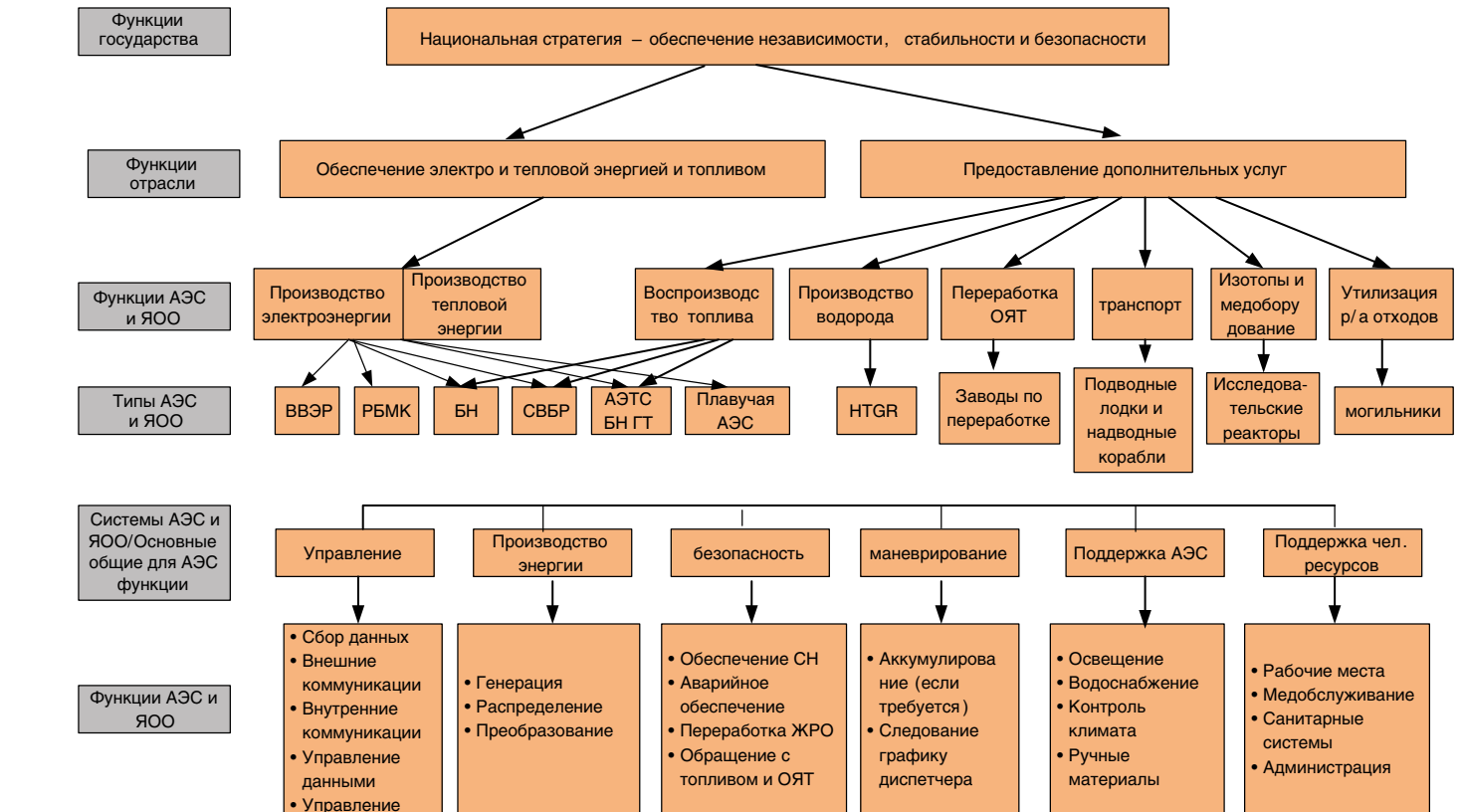


Рис. 3 Пример разбиения на функции, с дальнейшим переходом к модулям

на базе модульного подхода MOSA (Modular Open Systems Approach) [13].

Технический подход AIMS включает:

- Анализ требований;
- Исследование рынка;
- Функциональный анализ;
- Отбор требуемой (оптимальной) архитектуры;
- Разработка интерфейсов;
- Внедрение модульных принципов

В рамках этой программы разработан документ MOSA «Дополнительные руководящие принципы проектирования судов», базирующийся на принципах системной инженерии, в формате правил модульного проектирования и проектирования, который содержит 5 принципов [13]:

1. Создание благоприятной среды разработчиков [4], [5], [8].
 - Формирование команды разработчиков, продуктовой и процессной среды;
 - Разработка программы и бизнес-стратегии (цели, политики, соглашения по открытой архитектуре, экономическое обоснование);
 - Определение стоимости и графика бюджета;
 - Разработка плана внедрения.
2. Применение модульного проектирования и проектирования.
 - технологическая стратегия MOSA;
 - Анализ требований;
 - Функциональный анализ (функциональная декомпозиция, исследование рынка и поиск эталонных моделей, определение вызовов модульности, разработка эталонных моделей);
 - Выбор оптимальной архитектуры (функциональное распределение, совмещение системной архитектуры с функциональным разбиением, определение системной архитектуры).
3. Назначение ключевых интерфейсов.
 - Данные;
 - Вентиляция/отопление (HVAC);
 - Электрика;
 - Гидравлика и т.д.

4. Выбор стандартов открытой архитектуры.
 - o Характеризация ключевых интерфейсов;
 - o Исследование рынка открытых стандартов, разработка новых стандартов;

5. Подтверждение соответствия.
 - План верификации и валидации, включающий:

- Проектная документация – соответствие стандартным формам;
- Требования регулирующих органов и других заинтересованных сторон;
- Сбор и трассировка замечаний, несоответствий и вопросов;
- Инспекция со стороны регулирующих органов и других заинтересованных сторон;

- Тестирование на заводах-изготовителях модулей;
- Приемочные испытания по программе пуско-наладочных испытаний;
- Сертификация;
- Анализы: структурный (прочности), вибрационный, термошок, гидроудар и т.д.
- Моделирование и симуляция (для систем, которые нельзя протестировать или для внешних систем);
- Интерфейс управления конфигурацией.

На этапе создания благоприятной среды разработки создается интеграционная команда (Integrated Product Team (IPT)) проекта для разработки стандартных интерфейсов, инструментов поддержки, анализа технологий и классификации, разработки методов оценки стоимости и экономической эффективности, разработки критериев оценки альтернативных проектов систем и разработки спецификации показателей производительности системы.

На этапе функционального анализа проводится декомпозиция функций, укрупненный пример которой представлен на рис. 3. В нижней части рисунка выделены общие функции [6], которые с известной долей скептицизма могут быть применимы на всех типах АЭС и ядерно-опасных объектов (ЯОО) и которые могут быть унифицированы и выполнены, как отдельные модули.

На следующем этапе должны быть определены ключевые интерфейсы. Главный конструктор (или проектант) совместно с системными инженерами должны определить функциональные, физические и другие интерфейсы для выбранных кандидатов модулей-систем. Главный конструктор должен выделить ключевые интерфейсы для каждой системы и модуля.

Использование вышеуказанных подходов по мнению авторов работы [13] позволяет достигнуть следующих целей:

- Адаптироваться к меняющимся требованиям и угрозам.
- Содействовать переходу от научных исследований и технических разработок к приобретению и развертыванию.
- одействовать интеграции систем.
- Использовать коммерческие инвестиции.
- Сократить время цикла разработки и общей стоимости жизненного цикла.
- Убедиться, что система будет полностью совместима со всеми системами, имеющими стандартный интерфейс, без серьезных изменений в существующих компонентах.
- Повышение общности и повторное использование компонентов между системами.
- Расширение доступа к новейшим технологиям и продуктам от различных поставщиков.
- Снижение рисков, связанных с устареванием технологий.
- Снижение риска единственного источника поставки в течение срока действия системы.
- Улучшение условий технической поддержки на протяжении жизненного цикла.
- Увеличение конкуренции.

По оценкам авторов [13] модульность и переход на открытую архитектуру должны также учитывать следующие факторы.

- Коммерческий рынок – наличие предложения модулей, особенно специфического назначения, а не общепотребительского.
- Потенциал для изменений – скорость изменения для системных технологий из-за требований постоянного развития в течение жизненного цикла.
- Стоимость – Какова стоимость установки системы? Приоритет, чтобы открытая архитектура системы предлагала самый вы-

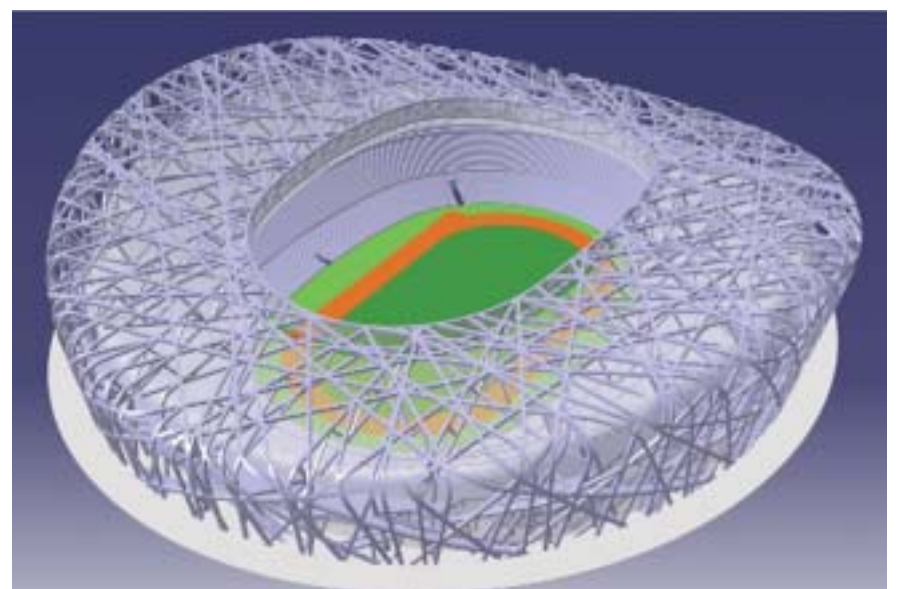


Рис. 4 Цифровая модель олимпийского стадиона в Пекине [15]

сокий экономический эффект.

- Стандарты – Существуют ли стандарты, которые могут быть использованы в системе?
- Техничко-экономическое – Может ли система быть открыта?
- Клиент-фактор – есть ли интерес у будущего владельца и сервисных предприятий в открытой архитектуре системы?

Цифровая модель стройки (BIM). Методы моделирования процессов строительства и монтажа

Для исключения непредвиденных случаев и нестыковок все строительные-монтажные операции должны быть промоделированы в 3-D с привязкой к графику работ, и оптимизированы на модели основные монтажные операции при строительстве. Это позволяет еще на стадии проектирования найти все несоответствия в технологии будущего строительства и монтажа и разработать оптимальные планы производства работ (ППР).

Фирма Gehry Technologies [15] впервые в промышленных масштабах применила концепцию управления жизненным циклом строительства (Building Lifecycle Management (BLM)) для ряда крупных объектов, например, Диснеевский концертный зал в Лос-Анджелесе, олимпийский стадион в Пекине (см. рис. 4), небоскреб One Island East в Гонконге (см. рис. 5) и т.д.

Выступая в роли единого консультанта, она осуществляла управление цифровой моделью объекта, обучение и техническую поддержку использования этой цифровой модели всеми участниками разработки проекта и строительства.

На примере проекта небоскреба One Island East в Гонконге были проведены следующие работы:

- Цифровая подготовка проекта для всей команды проекта.
- 1 неделя базовая подготовка по программному обеспечению цифровой модели стройки (BIM).
- 1 неделя повышение квалификации для инженеров и архитекторов по программному обеспечению цифровой модели стройки (BIM).
- 1 неделя «обучение действием» (Полная занятость специалистов GT во время моделирования с ответами на вопросы).
- Разработка BIM методологии проекта (цифровой модели стройки).
- Освоение проектной командой модели управления GT.
- Техническая поддержка проектной команды работе с архитектурной цифровой моделью стройки (BIM).
- Техническая поддержка проектной команды работе с Структурные цифровой моделью стройки (BIM).
- Техническая поддержка проектной команды работе с гео- цифровой моделью стройки (BIM).
- Техническая поддержка специалистов по инженерным системам в проектной команде работе с цифровой моделью стройки и инженерных систем (MEP BIM).
- Разработка исходной цифровой модели стройки BIM и передача проектной команде.
- Обучение всех подрядчиков формированию запроса из BIM модели для тендера.
- Полноценные тренировки для выполнения требований проекта и победы в конкурсе.
- Тренировки подрядчика на модели управления GT.
- Постоянная техническая поддержка победившего подрядчика.
- Обеспечение маркетинговыми материалами владельца непосредственно из модели BIM.
- Оказание технической поддержки процесса поставок подрядчика через BIM модель.
- Осуществление для владельца процесса обеспечения качества через BIM модель.
- Обеспечение поддержки передачи BIM

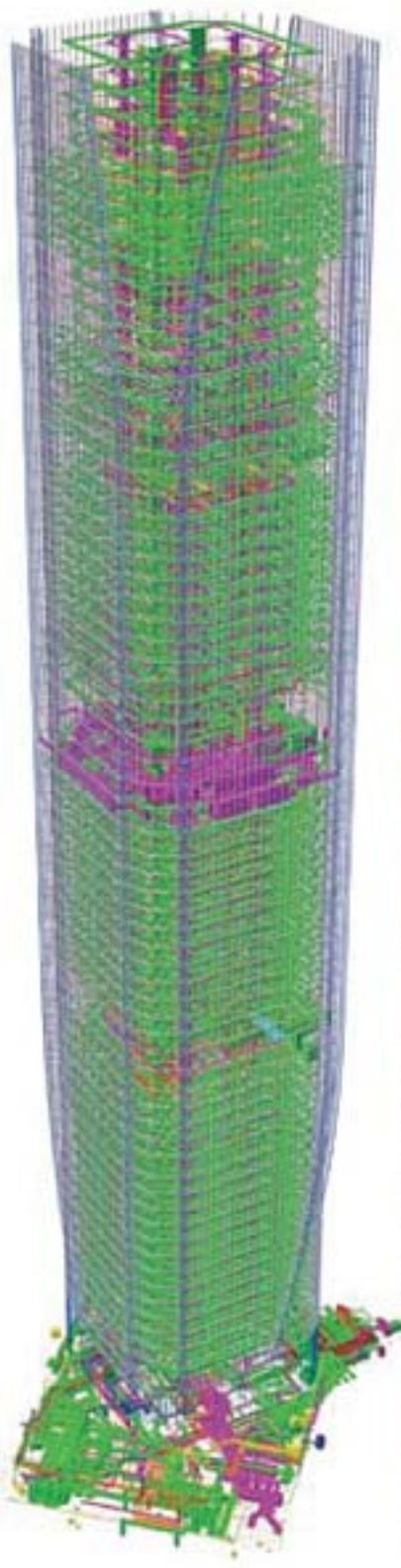


Рис. 5 Цифровая модель небоскреба One Island East в Гонконге [15]

- модели подрядчика обратно управленческой команде владельца объекта и обучение управленческой команды владельца.
- Содействие владельцу в получении актуализированной информации за счет реализации BIM.
- Помощь владельцу в передаче знаний после успешной реализации BIM к другим его проектам.

Использование BIM модели позволяет гармонично организовать работы, процессы, знания и людей, чтобы более эффективно построить требуемый объект.

По опыту фирмы Gehry Technologies удалось добиться следующих показателей [15]:

- по крайней мере в 5 – 10 кратном размере вернуть вложенные в 3D и BIM инвестиции;
- общая экономия составила 10% от стоимости строительства за счет обнаружения несоответствий на более ранней стадии;
- еще 20% экономии за счет моделирования строительных процессов;
- 7% за счет сокращения графика сооружения;
- на 40% снижен объем непредусмотренных в бюджете изменений проекта (обычно от 4 до 8% от стоимости проекта);
- улучшена точность сметы расходов до +/- 3%;
- рост стоимости сооружения составил менее 1%;
- на 80% сократилось время разработки сметы проекта.

Вышеописанный метод частично использовался и на Ленинградской АЭС-2 при монтаже «ловушки» расплава активной зоны. Все технологические процессы были промоделированы заранее, выбраны оптимальные маршруты движения техники, места расстановки контролирующих специалистов, методы техники безопасности, маршрут движения «ловушки». К сожалению, это

был единственный пример. Можно предположить, что авария потому и случилась, что выбранная технология монтажа арматуры (с отклонениями от стандартной ранее применяющейся) не была промоделирована и просчитана заранее. Понадеялись на русское «авось». Почему же на ЛАЭС-2 не удалось добиться впечатляющих результатов, какие продемонстрировала GT? Все дело в «кусочном» подходе. Метод работает только при полном системном охвате всех строительных процессов, включая конкурсы и поставки. Второй фактор – это человеческий. Катастрофически не хватает специалистов с практическим опытом в этой области. Пригласи генеральный застройщик фирму GT к себе на стройку и неукоснительно выполняй все рекомендации ее специалистов, и, возможно, результаты не заставили бы себя ждать.

В настоящий момент Нижегородский АЭП в рамках развития Multy-D концепции осваивает вышеуказанный метод для строительства АЭС. В конечном итоге метод предварительного моделирования процессов строительства и монтажа позволяет оптимизировать структуру работ по проекту (WBS) [8], а следовательно, людские и материальные ресурсы, графики работ и поставки и избежать задержек при реальном строительстве и монтаже.

Заключение

Высокая стоимость капитальных затрат, реальная вероятность задержки срока окончания строительства и превышение запланированной стоимости к концу строительства вносят основной вклад по принципу Парето в финансовые риски от АЭС для застройщика, владельца и инвестора.

Используемые в настоящее время методы строительства не позволяют исключить или уменьшить эти риски. Принцип модульности может несколько уменьшить риски при условии изменения философии проектирования и поставки

модулей. Нельзя на готовом проекте использовать этот принцип в полной мере. Требуется глубокая переработка проекта на уровне системной архитектуры, и наиболее приемлем этот подход для новых проектов, например СВБР [9] и АЭС БН ГТ [7].

Модульность должна облегчить и удешевить не только процессы строительства и монтажа на стадии создания, но и процессы ТОиР, замены и модернизации на стадии эксплуатации.

Для внедрения принципа модульности и открытой архитектуры необходимо разработать программу стандартизации и унификации, разработать новые стандарты и руководства (инструкции) модульного проектирования с целью постепенного перехода на новые технологии.

Общеплочные модули [6], скорее даже общепотребительского характера (строительные конструкции, вентиляция и отопление, электроснабжение, СКУ, противопожарная система и т.д.), должны разрабатываться на отраслевом уровне, так как применимы для любых объектов отрасли, а не только для АЭС.

Идеальным методом может быть полностью заводское исполнение АЭС с переходом на серийное ее производство с транспортировкой аналогично методу доставки нефтяных платформ и гидромонтажем, описанном в [2]. При этом здания общестанционных, общеплочных и вспомогательных систем, административно-бытовые здания АЭС целесообразно строить, а точнее собирать (монтажить) по технологии фирмы Broad Sustainable Building (BSB) <http://www.broad.com:8089/english/product/bsb/bsb.asp>.

В процессе создания плавучих АЭС должен быть учтен опыт применения принципа модульности в судостроении.

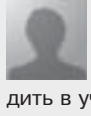
Для транспортировки крупногабаритных модулей к площадкам, отрезанным от водных артерий, наиболее приемлем такой вид транспорта, как дирижабль. Атомная промышленность может стать прямым заказчиком и инвестором таких аппаратов с учетом их быстрой окупаемости при строительстве АЭС.

При применении любых методов строительства и монтажа целесообразно предварительно все процессы промоделировать в «виртуальной среде» (технология 4-D или Multy D) и создать интерактивные электронные технические руководства (ИЭТР) в качестве электронных документов, аналогов бумажных планов производства работ (ППР). По опыту западных компаний это может значительно снизить риски в строительстве.

Примечание: «США должны обеспечить твердую поддержку проектов создания малых модульных реакторов», заявил 8 декабря 2011 г. Арун Маджумдар, будущий заместитель министра энергетики, выступая на заседании Комитета по энергетике и природным ресурсам Сената США, собранном с целью обсуждения его кандидатуры, — думаю, мы должны очень активно продвигаться в этом направлении. Малые модульные реакторы дают возможность инвестировать в ядерные проекты в тех случаях, когда инвестиции в крупные АЭС проблематичны. Принцип модульности также потенциально снижает стоимость электроэнергии, что позволяет конкурировать с газовой генерацией.» (http://www.nuclear.ru/rus/press/other_news/2124149/)

Литература. 1. В.Н. Нудин, А.А. Просвиринов, «Союз атома и газа», «Атомная стратегия», 04.2007, <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=949>. 2. В.Н. Нудин, А.А. Просвиринов, «Метод ускоренного модульного строительства АЭС», «Атомная стратегия», 06.2007, <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=998>. 3. Александр Просвиринов, «Гигантомания в атомной энергетике – плюсы и минусы», «Атомная стратегия», 04.2011 <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=2961>. 4. А. А. Просвиринов, «Системная инженерия – миф или ключ к эффективности», <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=3130>. 5. А.А. Просвиринов, Т.А. Просвиринова, «Системный функциональный анализ как базис концептуального проектирования», <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=3334>. 6. Michael D. Muhlheim, Richard T. Wood, DESIGN STRATEGIES AND EVALUATION FOR SHARING SYSTEMS AT MULTI-UNIT PLANTS, PHASE I ORNL/LTR/INERL-BRAZIL/06-01, Nuclear Science and Technology Division, August 2007. 7. БЛОЧНО-ТРАНСПОРТАБЕЛЬНАЯ АЭС БН ГТ-300 С БЫСТРЫМ НАТРИЙОХЛАЖДАЕМЫМ РЕАКТОРОМ И ГАЗОТУРБИНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ. <http://www.ippc.ru/podcr/ippc1/innov/1/in1-4.php>. 8. А. А. Просвиринов, «PBS - углубляясь в дебри системной инженерии», «Атомная стратегия», 11.2011, <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=3385>. 9. Открытое Акционерное Общество «АКМЭ-инжиниринг», <http://svbr.org/>. 10. «Единая модульная система, унификация, типизация, стандартизация, нормализация строительства», <http://sapr.mgsu.ru/biblio/arxitekt/edmodsis.htm>. 11. «Суда из кубиков», <http://www.sudno1.ru/kub.shtml>. 12. Daniel Grosvenor, Corporate Finance, Partner Deloitte, «Financial aspects of the UK Nuclear Programme», Presentation to Rosatom, 29 November 2010, London. 13. Peter MacDonald (BMT Designers & Planners, Inc.), Erich Schulz (BMT Designers & Planners, Inc.), John Vasilakos (Welkin Associates, Ltd.), «Modular Adaptable Ship Concept. Cross-Platform Modular Zone», DRAFT, AIMS Item No. 05CD-9, Ser PMS 500-05-001, 30 November 2005. 14. Richard Black, «Bringing Small Modular Reactors (SMRs) to Domestic Markets» Presentation to Foundation for Nuclear Studies, Department of Energy, Office of Nuclear Energy, September 25, 2009. 15. Gehry Technologies. Building Lifecycle Management (BLM) Consultancy, SAMOO, August 28, 2007

Комментарии читателей сайта www.proatom.ru



Тема системного инжиниринга должна преподаваться с 1-го курса в МИФИ. Нужно создавать кафедру и вводить в учебный план.



О чем вы говорите, страна разорена, машиностроение в упадке, о какой модульности и о каком развитии Вы мечтаете, господин Просвирнов? Извините, запороли все, читать умные книжки и делать с них пометки и студенты умеют. Учитесь жить в колонии и быть рабом на плантации.



Я не мечтаю, а предлагаю подходы, с помощью которых можно из «упадка» вылезти. Если все время ныть, что страну опустили, то она от этого не восстановится. А господам «студентам» уж лучше читать умные книжки, делать пометки и делиться умными мыслями с нами, грешными, чем «учиться жить в колонии и быть рабом на плантации». А. Просвирнов



Идея блочного (боксового) монтажа электростанций (ТЭС и АЭС) разрабатывалась лет 40 назад. От ее отказались по причине, что монтажники должны смонтировать и сдать не бокс, а систему, а система (трубопроводы) проходит через несколько боксов. То есть боксовый монтаж не отменял посистемный монтаж, а только все путал. Может быть, какие-то японские супермонтажники достигли в этом успехов, но наши от него отказались.



В статье упор делается на то, что модульность лучше всего подходит для АЭС малой и средней мощности. Но есть примеры (AP1000), где применили и для большой мощности. Просто, без изменения проекта применить не получится, необходимо переработать проект под концепцию модульности. Частично на ЗАЭС применяли, когда выделяли сборочные площадки и уже с площадки брали сборку на основной монтаж.

А.Просвирнов



«Идея блочного (боксового) монтажа электростанций (ТЭС и АЭС) разрабатывалась лет 40 назад. От ее отказались...»

60 лет назад в стране массово эксплуатировались энергопоезда. И блочный (вагонный) монтаж был для них нормой. От блочных электростанций 40 лет назад отказались не потому, что не получалось, а из-за того, что в это время шёл радикальный рост единичной мощности энергоблоков. Сейчас «линейка» типовых мощностей устаканена - пора думать над сокращением издержек не за счёт роста агрегатной мощности, а за счёт снижения воровства на бетоне.



Идея хорошая, но ее воплощение требует изменения всей существующей организации строительства АЭС (разработка проекта, изготовление и поставка модулей, монтаж модулей в составе м/к, оборудования и трубопроводов и т.д. вплоть до сдачи оборудования и систем в составе блоков). Кто возьмётся-то? Кто денег и время на это все выделит?



Уважаемый Александр: Вы точно подметили особенности отношения современно-го, сильно волатильного рынка к интересу сооружения АЭС. Традиционно считается, что реакторы большой мощности имеют некоторые преимущества перед малыми/модульными при их сооружении по расходам на единицу мощности. Это так и есть, но в эпоху государственного, бескризисного-планового развития. А в наше время - это не определяющий фактор.

Гораздо более важным фактором является угроза потери очень большого инвестирования (сооружение АЭС с блоками большой единичной мощности - очень дорого и длится очень долго!) в условиях реальных экономических и политических кризисов нашего времени. Тут не до копейных выгод - не найдете инвесторов, же-

лающих так сильно рисковать - выгода должна быть видна немедленно! Если же найдется конструктор: утром деньги - вечером киловатты, то такие инвесторы будут стоять в очереди. Ближе всего к такому идеалу современных нуворишей и корпораций - модульные реакторы вместе с возможностью их быстрого ввода. Но, как Вы правильно отметили, нужны соответствующие проекты.

И. Слесарев



А ведь никто по-хорошему и не считал экономику строительства модульных реакторов. Сравнивают по старинке, считая производительность труда одинаковой для малых и больших реакторов. В том то и вся изюминка, что при заводском изготовлении модулей производительность выше, срок меньше, плюс серийность, заводское качество, нет потерь и масса других факторов. В сумме все эти факторы должны дать синергетический эффект.

А.Просвирнов



Синергетический эффект уже и АЭС с НИАЭП объединили с этой целью и заказы за рубежом в количестве 22 э/блоков получили, только вот народ в АЭС сокращают пачками и прямо на улице - работы нет и не предвидится.



Статья очень, как раньше говорили, злободневная. В НИАЭПе как раз создана группа по разработке методов сооружения ЭБ по проекту ВВЭР-ТОИ. Руководитель - Белов В.С., зам. - Зонов А.П. Надо Вам с ними наверняка связаться. И пару вопросов:

1. Есть расчеты, хотя бы +/- 50МВт, до какой мощности модульная схема строительства применима для ВВЭР-ОВ, и, вообще, применима ли?

2. Как быть с ядерным островом и пассивными системами безопасности?



Всегда готов со всеми поддерживать связь, мой e-mail: prosvirnov@vniiaes.ru. По моим статьям (см. перечень источников) видно, что я за смену стратегии. На мой субъективный взгляд монстры ВВЭР не выдержат конкуренции с малыми (200-300МВт) в будущем. Для прибрежных АЭС уже сейчас можно изготавливать все на заводе даже большой мощности и доставлять как нефтяные платформы. Проблема с доставкой вглубь территории, и здесь малыши выиграют. AP1000 показывает, какой должна быть модульность для АЭС большой мощности, он весь на пассивных СБ.

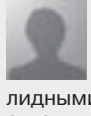


«На мой субъективный взгляд монстры ВВЭР не выдержат конкуренции с малыми (200-300МВт) в будущем...»

Полностью согласен. Вообще всю концепцию развития ЯЭ в России нужно пересматривать. Мне очень понравилась идея транспортировки крупных блоков на дирижаблях. Ведь тогда и сам корпус реактора на 200-300 МВт и турбину с генератором можно будет доставить по воздуху куда угодно. Будет не только Атомфлот, но АтомАэрофлот (Ха-Ха!), более того, кажется, в Долгопрудном ещё остались огромные дирижабельные ангары ещё с 30-х годов. Гелий, конечно, дорогой газ и свертхтекучий, но ведь все технологии и материалы есть. Давайте попробуем создать совместную проблемную лабораторию с МИФИ. Можно было бы проработать схему изготовления, транспортировки по воздуху и монтажа таких блоков поэтапно и на современном софте. Проработать требования к дирижабельной транспортной инфраструктуре. Вот только вопрос, кто и как будет финансировать? Начальство в МИФИ мешать сильно не будет, но никакого финансирования тоже не обеспечит, а бежать по кабинетам по Ордынке дело пустое.



300 МВт эл. можно и по железной дороге «кирпичиками» доставить - если в первом контуре натрий. Автор БН ГТ-300



В 1979 году на закрытом заседании Совмина Юрий Ишков, желторотый выпускник МАИ, рассказывал перед солидными начальниками государственных научных советов о том, что в стране нужно срочно начать строительство дискообразных дирижаблей. На крупных стройках 50 - 60 процентов издержек - из-за транспорта. Да и не все же еще перевезешь. Диаметр космической станции 4,1 метра - только потому, что шире «цистерны» на железнодорожную платформу не положишь. А как быть с более объемными профилями, скажем, для тех же АЭС? И тут оказывалось, что дирижабль диаметром 220 метров совершенно спокойно тащит 500-тонную конструкцию на расстоянии до 5 тысяч километров, развивая скорость неплохого тепловоза.

Почему он должен быть похож на тарелку, когда все классические дирижабли, как веретено? Все просто: сигарообразные дирижабли не выдерживают больших нагрузок - аэродинамика такая, а «тарелки», может быть, летят медленнее, зато более прочны и надежны. С начала 80-х в строжайшей тайне КБ «Термоплан» начало проектировать новую советскую транспортную систему. Собственный вес конструкции удерживал в воздухе закачанный в центр «диска» гелий. Подъемную силу создавал «заправляемый» в боковые ниши теплый воздух. Конструкторы МАИ поддерживали в ЦК на Старой

площади, интересовались разработкой крупные предприятия ВПК. К концу 80-х все проработки были закончены. А к 1992-му, как раз когда финансирование стало усыхать, КБ удалось построить экспериментальный образец. В 1993-м, как и положено, дирижабль «Россия 4001» испытали на предельную нагрузку. Он разлетелся на куски, в полтора раза превысив запас прочности, ожидаемый создателями. Затем, как обычно, деньги на дальнейшие работы иссякли.



Технологии, ограничивающие воровство, в России развиваться не могут. Они всегда приходят «с запада» под давлением на бизнес-стандарты.



Ну а чем водный транспорт не устраивает? Подождите немного с дирижаблями! Постройте несколько модульных АЭС с помощью барж. А потом уже о дирижаблях можно думать. Сказочки.



Посмотрите на карту, есть масса мест, куда баржу не протолкнешь.



В местах, где можно протолкнуть баржу, можно несколько тысяч новых модульных АЭС построить. А затем уже использовать дирижабли.



Я за дирижабли! И вот почему. Это направление просто на лопатки положит конкурентов (AREVA, SIEMENS, GE). Это действительно инновация! Здорово! Мы (МИФИ) готовы разработать совместно с МАИ весь план. Просто ЗДОРОВО и ГЕНИАЛЬНО!!! Нам сама идея очень нравится, СУПЕР!!!



Строит Росатом плавучую АЭС мощностью 75 МВт вот уже с 2005 года. Проект делали с 1995 года. Что получили? Ниже ватерлинии подводную лодку, а выше ватерлинии ледокол. И никакого соответствия требованиям ФНП требованиям атомной энергетики. Плюс воровство и бешеные откаты по 600мльно руб.

Вывод неутешителен: первая попытка построить нечто модульное плавучее показала, что не можем! Причина банально проста: политическая система не предполагает создания, а предполагает разворовывание ресурсов и разрушение экономики.



«Просто ЗДОРОВО и ГЕНИАЛЬНО!!! Нам сама идея очень нравится,СУПЕР!!!»
Давно на Русской земле не рождались гении (Ломоносов, Мен-

делеев, Пушкин, Шалыпин). Наконец-то - появились!!!

Я за дирижабли! И вот почему. Авиационная, космическая, промышленность разрушены - пора начинать с нуля. Самое время вернуться к истокам воздухоплавания - воздушным шарам и дирижаблям.



«Это действительно инновация!»

Дирижабли не являются инновацией. Вопрос о возможности доставки крупнотоннажных грузов типа корпус реактора или парогенератор раз от раза поднимался в течение всей истории развития Атомной Энергетики.

Практика показала, что по этому вопросу специалисты разделились на два противоположных лагеря («тупоконечники и остроконечники»). Одни с пеной у рта доказывают, что дирижабли - это гениально, другие (с не меньшей пеной) - что дирижабли - это маниловщина.

«Кто виноват из них, кто прав - судить не нам, ,А только воз и ныне там...»



Дирижабли - вчерашний день. Только экранопланы! В СССР был разработан и построен гигантский экраноплан «Каспийский Монстр» грузоподъемностью 500 т.



Экраноплан - это замечательно. Еще одна загубленная в эпоху Брежнева из-за амбиций министра водного транспорта блестящая идея. Только здесь она вряд ли поможет. Экраноплану требуется тоже водная гладь, по сути, замена баржи. А речь идет все-таки о площадке АЭС вдаль от водных артерий. Казахстан да, там степное раздолье для экраноплана.



Ну, хорошо, закончилась стройка, и куда эти дирижабеля девать? Фермерам отдавать - навоз с них разбрасывать?

Так с вертолетов лучше - площадь покрытия больше...?

«Каспийский Монстр» изначально планировался и проектировался для полетов над водной гладью - не вариант. Вообще, тема дирижабля как-то не прижилась, сколько ни пытались...



Зациклились на дирижаблях. Вместе с автором.

А ведь основная тема - это новые подходы в проектировании и строительстве.

Модульность у нас была освоена в военной авиации на самолетах 4-го поколения. Однако, это было возможно в тех условиях, когда существовала реальная угроза отставания от США в авиационной технике, а в оборонке был госзаказ и госприемка с жестким контролем исполнения по времени и качеству. Так что, если мы хотим модульные АЭСы, нам надо перучиваться проектировать, строить и приучаться к палочной дисциплине.

Или подождать, а потом просто купить модульные АЭСы (китайские).



Всем же понятно, что модульные АЭС в нашей суровой российской действительности построить не получится. Вот другое дело дирижабли - их уже в 19 веке строили. Может, и мы сможем.



Александру Просвирнову. Модульные технологии, дирижабли - это интересно, но технологии прошлого. Кроме модульных технологий существуют еще более продвинутые - промышленные принтеры, например. Так зачем «оттачивать» старую технологическую платформу, может, имеет смысл «заглянуть за горизонт»? При промпринтерной технологии дирижабли, кстати, не нужны...



«Кроме модульных технологий существуют еще более продвинутые - промышленные принтеры, например...»

Принтеры - это средство производства узлов оборудования. А автор за-

вел разговор об ускорении монтажа и стройки на площадке. Одно другому не мешает (по-моему).

Неавтор



«Принтеры - это средство производства узлов оборудования...»

Вы не совсем правы. Да, промпринтеры УЖЕ используются для производства узлов, но в планах - строительство ЦЕЛОГО объекта или его части. Погуглите...



«Принтеры - это средство производства узлов оборудования...»

Более корректно это называется - Строительный 3D принтер.

Навскидку первые попавшиеся ссылки:

1. http://egear.ru/archives/9186?utm_source=feedburner&utm_medium=twitter&utm_campaign=Feed%3A+EGear+%28eGear%29&utm_content=Twitter

2. <http://www.popmech.ru/article/4427-napechatannyie-goroda/> [www.popmech.ru]

3. <http://contourcrafting.com/> [contourcrafting.com]

4. http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=CEA2HaFqsVQ#

5. <http://futurin.ru/blog/stroitech/549.html> [futurin.ru]

6. http://www.fastcompany.com/1579263/3-d-printing-whole-buildings-in-stone-in-space-this-printer-rocks?partner=design_newsletter



А что, если не дирижабль, а воздушный шарик. Причем только для того, чтобы уменьшить вес груза до приемлемого для транспортировки. И таскать, как слона за веревочку...



Вот смотрите. Проход по морю от порта Йокогама до Гамбурга северным морским путем 14000 км. От Йокогамы до Марселя 8000 км. В основном из Юго-Восточной Азии идут автомобили и бытовуха. То есть доставка груза на дирижабле допустим на 500 тонн будет происходить за время 6.5 суток (50 км/час)!!! 500 тонн это 500 автомобилей и доставлены они могут быть в любое место прямо на склад, нет необходимости в наличии ж/д линий для дальнейшей перевозки. Стоимость доставки - топливо для двигателей допустим тонн 50 керосина или дизеля, кслиги аэронавигации и оплата экипажа, то есть на каждую машину приблизительно 100 кг топлива - это где-то 250-300 \$. В итоге со всеми накладными может около 500\$. Но это прямо к точке продажи на склад, плюс оперативность 1 неделя. Так что дирижабли могут оказаться очень даже конкурентоспособными и выгодными как для производителя продукции - отгрузка прямо с заводской площадки, так и для покупателя доставка прямо на склад. Я это к тому, что такие машины могут оказаться очень и очень востребованы не только для нужд строительства АЭС. Росатомовские манеры, АУ! БАБЛОМ ПАХНЕТ!!! ВСЕ НА ДИРИЖАБЛЬ!!!



И эти 50т дизеля или керосина вспыхнут в воздухе или упадут на землю и вспыхнут и на Москву - будет покрытие 11 сентября со смертниками... какой бред, прочитесь.



В развитие темы о пользе дирижаблей в народном капиталистическом хозяйстве: Ну раз не задалось у нас как-то водоплавающую АЭС построить (почему, не понятно, ведь столько позитивных статей было в атом-прессе), может на базе дирижабля АЭС построим? Удобно, безопасно, инновационно... подлетел к шинопроводу, якорь бросил и давай энергию в сеть качать.



За водоплавающую АЭС мы еще поборемся!

А вот о летучей АЭС... - надо осмыслить, это мысль!



За водоплавающую АЭС мы еще поборемся!

А вот о летучей АЭС... - надо осмыслить, это мысль!



За водоплавающую АЭС мы еще поборемся!

А вот о летучей АЭС... - надо осмыслить, это мысль!



За водоплавающую АЭС мы еще поборемся!

А вот о летучей АЭС... - надо осмыслить, это мысль!



За водоплавающую АЭС мы еще поборемся!

А вот о летучей АЭС... - надо осмыслить, это мысль!



Николай Кудряков

«Кузькина мать» исламской революции

Стремление Ирана к обладанию атомной бомбой радовать никого не может. Но никого не должно и удивлять.

Атомная тревога

Итак, Москва «с сожалением и обеспокоенностью» воспринимает информацию о начале работ по обогащению урана на предприятии вблизи иранского города Кум. Таким заявлением российского МИД обозначена первая рабочая неделя 2012 года. Москва вынуждена констатировать, что Иран продолжает игнорировать резолюции Совета безопасности ООН и Совета управляющих МАГАТЭ.

Что происходит? «Мировое сообщество» в лице совбеза ООН и МАГАТЭ на протяжении 6 лет требует от Ирана остановить всякую деятельность, связанную с обогащением урана. В 2006-2010 годах приняты по меньшей мере 7 (прописью — семь) резолюций совбеза (не считая резолюций Совета управляющих МАГАТЭ), касающихся ядерной программы Ирана. Слова «ядерная программа Ирана» стало устойчивым штампом, а тот круг явлений, который этим словосочетанием обозначается, стал постоянно действующим аспектом мировой политики.

Последний по времени документ из этого ряда упомянут в январском заявлении МИД РФ — это резолюция СБ ООН №1929 от 09.06.2010. Это — уже четвертая из семи резолюция, в которой речь идет о санкциях¹, причем бросается в глаза явное ужесточение позиции.

Все четыре санкционные резолюции по Ирану были поддержаны Россией, хотя в ряде случаев Москва добивалась смягчения решений.

И вот Тегеран заявляет о том, что он не только не прекращает работы по обогащению, но и приступает к производству ядерного топлива с обогащением 20%.

20% обогащения — это граница, после которой в принципе возможна «сборка» сверхкритической массы урана для взрыва. Это граница, которая, с подачи Министерства энергетики США, отделяет НОУ² от ВОУ³. Приняв в 1978 году концепцию ВОУ-НОУ, прогрессивное человечество согласилось с тем, что ядерное топливо с обогащением 20% и выше является привлекательным для террористов и «стран-изгоев», и что само существование реакторов, использующих ВОУ, представляет угрозу режиму нераспространения. А реакторных технологий, основанных на ВОУ, оказалось предостаточно — включая производство молибдена-99 для медицины. На ВОУ — вплоть до 90%⁴ — работают реакторы в Обнинске и Димитровграде. На ВОУ-90 спроектирован реактор ПИК для ПИЯФ⁴ в Гатчине. На ВОУ были спроектированы реакторы для морского флота и космоса. Только с использованием ВОУ могут оптимально работать реакторы на быстрых нейтронах. И если из всего множества существующих ныне ядерных устройств с ВОУ исключить устройства чисто военные, то мы увидим огромное множество гражданских применений. Так что, с одной стороны позиция официального Тегерана, начавшего работы по получению ВОУ, вполне логична и почти безупречна. Стремление к обладанию ВОУ — это стремление к созданию как можно



более полного спектра ядерных реакторов, как энергетических, так и исследовательских. Это стремление по гражданским технологиям «быть как все».

Но после того, как прогрессивное человечество само себя напугало перспективой кражи ВОУ террористами или наработкой его «странами-изгоями», оно встало на путь ограничения применения ВОУ в гражданских технологиях. На протяжении последних 30 лет ведутся исследования и разработки по переводу исследовательских и транспортных установок на НОУ⁵. В частности, продекларирован перевод на НОУ реакторов для плавучего энергоблока, имеющих в качестве прототипа ледокольный реактор КЛТ-40⁶. Но если перевод на НОУ исследовательских и транспортных реакторов ведется медленно и далек от завершения, то работы по станционным реакторам на быстрых нейтронах в тех же США были полностью остановлены на долгие годы⁷.

Одновременно средством ограничения применения ВОУ прогрессивное человечество из-

брало ограничение доступа к технологиям обогащения.

И вот в то время, как все прогрессивное человечество ведет борьбу за ограничение применения ВОУ и за снижение его запасов, находится государство, которое заявляет о своем праве на обладание ВОУ и о намерении производить его в промышленных масштабах.

Всему прогрессивному человечеству предъявлена козырь морда и обещана кузькина мать. И прогрессивное человечество должно сплотиться вокруг ... кого? Кто у нас нынче носитель и воплощение социального прогресса, защитник мира во всем мире, пример и светоч всего хорошего, организатор и вдохновитель борьбы против всего плохого?

Бремя белого человека

«... будут ли жить другие народы в довольстве или они будутдохнуть с голода, интесует меня лишь в том смысле, в каком для нашей культуры потребуются рабы...»

Генрих ГИММЛЕР,
из выступления 4 октября 1943 года
в Познани.

Кризис вокруг иранской ядерной программы — это кризис современной «глобализации». Это эпизод того, что современный российский историк Юрий Семенов называет «глобальной классовой борьбой»⁸.

⁸ См.: Семенов Ю.И. Философия истории. М., 2003. Глава 5, раздел 5.8 «Глобальная классовая борьба: ее

Что такое «глобализация»? Увы, до сих пор в представлении многих, это такое состояние человечества, «Когда народы, распри позабыв, / В великую семью соединятся». Соединятся, разумеется, под руководством просвещенного Запада. В этом уповании на пример Запада люди доходят поистине до идиотизма, рассуждая, например, подобно Юлии Латыниной из «Новой газеты» о том, сколько благ несет народам присоединение к «открытому обществу»⁹. Да, когда-то существовала иллюзия — и её разделяли даже авторы «Коммунистического манифеста», — что западная буржуазия преобразует мир по своему образу и подобию¹⁰. Западная буржуазия действительно выполнила великую миссию: создав индустриальную экономику, довела продуктивность общественного производства до такого уровня, когда любые материальные блага — еду, одежду, лекарства — стало возможным производить в любых потребных количествах. Техническая цивилизация Запада создала возможность для того, чтобы на планете Земля не было голодных.

Но удивительное дело: именно усилиями Запада, именно в ходе этого самого «развития капитализма вширь» в мире росли голод и нищета. Почему?

Потому, что «развитие капитализма вширь» — это, как оказалось, вовсе не преобразование мира по образу и подобию Запада, а превра-

возможный ход и результаты»

⁹ См., например, «Открытый мир и Обитаемый Остров». Новая газета, 03.06.2009

¹⁰ «Буржуазия ...вовлекает в цивилизацию все, даже самые варварские, нации... Под страхом гибели заставляет она все нации принять буржуазный способ производства... Словом, она создает себе мир по своему образу и подобию». — К. Маркс, Ф. Энгельс. «Манифест коммунистической партии» // К. Маркс, Ф. Энгельс, Соч., 2-е изд., т. 4, с. 428

¹ Резолюции СБ ООН №№ 1737 (2006), 1747 (2007), 1803 (2008) и 1929 (2010).

² Низкообогащенный уран

³ Высокообогащенный уран

⁴ Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова

⁵ Хиппель Ф. Всеобщий подход к устранению высокообогащенного урана из топливных циклов всех ядерных реакторов // Наука и глобальная безопасность, 2004, т. 12, № 3. Глэзер А. О потенциале распространения уранового топлива исследовательских реакторов с различным уровнем обогащения // Наука и всеобщая безопасность, 2006, т. 14, №1.

⁶ Бухарин. О. Российский флот атомных ледоколов // Наука и всеобщая безопасность, 2006, т.14, №1; Дьяков А.С и др., Возможность перевода реакторов российских ледоколов с высокообогащенного уранового топлива на низкообогащенное // Там же.

⁷ Строго говоря, решения президентов США Дж. Форда от 28.10.1976 и Дж. Картера от 24.03.1977 г. касались запрета на использование в ядерных реакторах не ВОУ, а плутония, но т.к. для расширенной наработки плутония необходим реактор-размножитель с ВОУ, это решение торпедировало работы по быстрым реакторам. НИОКР по быстрым реакторам в США были прекращены с 1984 г.

щение мира в колонию, в периферию Запада. «Открытое общество» и «нормальная рыночная экономика» — это удел немногих, удел господ. За пределами Западной Европы «нормальная рыночная экономика» возникла в единственной незападной стране — Японии, и в четырех переселенческих колониях — Соединенных Штатах, Канаде, Австралии и Новой Зеландии. А остальные?

А благоденствуют ли остальные или же они подымают от голода, это интересно лишь постольку, поскольку они являются расходным материалом.

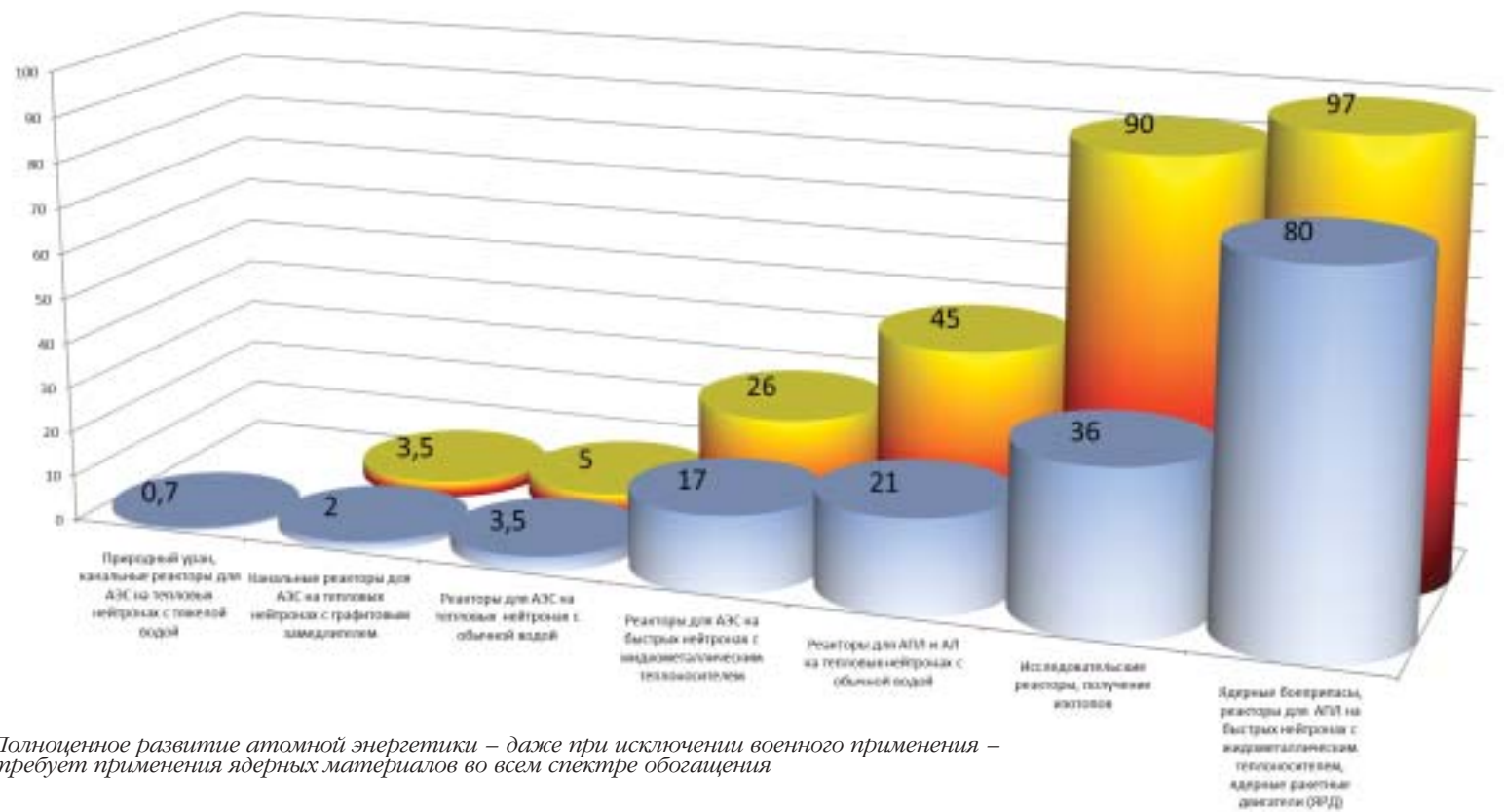
Процесс «развития капитализма вширь» — это процесс образования геоэкономической системы, состоящей из передового в экономическом и военном отношении центра, и относительно слабой, зависимой и эксплуатируемой центром периферии. Развитие «капитализма вширь» — это формирование периферийного капитализма, капитализма, который был свойствен или колониям, или, как их называл Ленин, «не вполне самостоятельным странам» — таким странам, каким был Китай, какой в последней трети XIX века стала Россия¹¹.

Справедливости ради нужно сказать, что зависимость от Запада для народов периферии вплоть до конца XIX века была условием пусть мучительного, пусть уродливого, — но прогресса. В конце XIX века зависимость от Запада условием какого-бы то ни было прогресса быть перестала, и в конце XIX-начале XX века по миру прокатывается первая волна социорно-освободительных революций: Куба, Мексика, Китай, Иран, Турция, Россия¹².

Всемирная история последних пяти столетий — это не только история закабаления человечества. Это история сопротивления. Это история попыток создания более справедливого и более эффективного общества, нежели западный капитализм. Самая грандиозная и самая драматическая попытка сопротивления «развитию капитализма вширь» — это период всемирной истории с 1917 по 1991 год.

Так что такое глобализация? А это результат всемирно-исторической победы капитализма над человечеством, одержанной им в 1991 году. Это — пир победителей. Это — принявший совершенно разнуданные формы процесс эксплуатации периферии центром. Это формирование глобального классового общества — когда на категории эксплуататоров и эксплуатируемых можно разделить целые народы. Это такая форма самоорганизации глобального эксплуатирующего центра, которую Карл Каутский называл ультраимпериализмом — когда перед лицом остального человечества страны центра выступают как единое целое, когда между ними преодолеваются все и всякие противоречия. Война между странами Запада теперь невозможна. «Распри позабыв», в

¹¹ Представление о мировом капитализме как о системе, по необходимости состоящей из центра и периферии, впервые сформулировано аргентинским экономистом Раулем Пребишем. На понятиях «центр-периферия» в значительной степени построен т.н. мир-системный анализ, крупнейшими представителями которого являются Фернан Бродель и Иммануил Валлерстайн. Наиболее полно данная проблема проработана в трудах Ю.И. Семенова.
¹² О категории социорно-освободительной революции см.: Семенов Ю.И. Указ.соч., Гл.4, п.4.3.9.



Полноценное развитие атомной энергетики — даже при исключении военного применения — требует применения ядерных материалов во всем спектре обогащения

единую семью — вернее, в банду — соединились не все страны и народы, а только страны «большой семерки».

А что такое глобальная классовая борьба? Со стороны стран и народов, образующих глобальный господствующий класс — это действия по защите и укреплению своего господства. Для остальных — это попытки сопротивления. Беда в том, в том, что сегодня у той части человечества, которая обречена на роль расходного материала, нет организующего центра, нет лидера, нет страны, которая выполняла бы роль политического и морального авторитета. И сопротивление носит неорганизованный, эпизодический, варварский характер. Пресловутый международный терроризм в его нынешних формах и масштабах возникает именно после 1991 года, возникает как способ борьбы в отсутствие организующего центра.

А при чем тут Иран? Иран — это одна из стран периферии, но — независимой периферии. Ситуация начала XXI века от ситуации начала XX века отличается тем, что тогда все страны периферии были однозначно зависимыми, а сегодня существует несколько стран, которые в известной степени независимы от Запада экономически, и полностью независимы политически. Это Китай. Это Белоруссия. Само наличие таких стран — это прямое следствие победы русской Октябрьской революции и победы Советского Союза в Великой отечественной войне.

Следует особо подчеркнуть, что это — страны периферии, поскольку их экономики уязвимы от внешней конъюнктуры, как в случае и с Китаем, и Белоруссией, и с Ираном. Но в то же время это страны независимой периферии. Политические руководители этих стран занимают осознанно и откровенно антиамериканскую позицию, и участие таких стран в глобальной классовой борьбе идет в форме государственной политики. Характерные черты государственной политики стран независимой периферии — защита внутреннего



рынка, развитие наукоемкой промышленности, укрепление своих вооруженных сил, и нередко — стремление к обладанию ядерным оружием. И это стремление выглядит особенно актуальным на фоне отсутствия в мире страны, которая обладала бы таким потенциалом и таким статусом, какой был у Советского Союза. И особенно на фоне той государственной политики, которая ведет сегодняшняя Россия, с упоением разваливая у себя решительно все, что она унаследовала от Российской империи и СССР: промышленность, науку, образование, армию и флот.

Стремление независимой периферии к ядерному оружию — это неизбежно. Это неизбежно, пока Россия, в принципе признавая, что Соединенные Штаты в современном мире заняли место нацистской Германии, не смеет сказать, что США и НАТО — это её, России, враги; её, России, потенциальный военный противник.

Для чего нужна Россия, или Еще раз о модернизации

Последний за 2011 год номер журнала «Эксперт» посвящен 20-летию распада СССР. Самая интересная статья в подборке написана заместителем главного редактора Павлом Быковым¹³. Автор считает, что ответ на вопрос об исторической роли СССР надо искать не в прошлом, а в будущем. В способности или неспособности России на позитивное мировое лидерство.

«... от этой страны многое зависит. Причем, нечто очень серьезное — здесь все пронизано этим чувством сопричастности мировой истории...

Способна ли Россия собраться и нечто предъявить миру? Не повторяя дословно свой исторический опыт, но творчески его переосмысливая...

... история — это пространство, в котором человек ведет разговор с Богом... если нам в этой беседе по существу больше нечего сказать, то и вопрос о нашем, как народа, нахождении в истории рано или поздно встанет ребром...

Но пока еще от нас чего-то ждут. И учитывая опыт XX века, можно попытаться понять, чего именно...»

Бог и человечество ждут, что Россия, покончив со своим зависимым положением, станем инициатором и лидером союза стран и народов в борьбе за такое мироустройство, при которой на планете Земля не будет голодных¹⁴.

Как перевести ядерную программу Ирана в мирное русло? Как остановить расползание ядерного оружия? Нужно, чтобы человечество знало — от политических и духовных наследников Генриха Гимmlера его защищает Россия. Да и Америка будет спать спокойно, зная, что на её небоскребы нацелены не смертники Аль-Кайды, а российские ядерные ракеты.

¹³ Быков П. Несколько затянувшаяся пауза// Эксперт, 26 декабря 2011-15 января 2012 №1, с. 94-96.

¹⁴ О концепции противостоящего США и НАТО военно-политического союза России, Индии и Китая см. в указ. раб. Ю. Семенова, а также в сборнике: Яковлев А. Г., Россия, Китай и мир. М., 2002



Женское дело

Людмила Колесникова

Этот рассказ я посвящаю обаятельной женщине, единственному на сегодняшний день в Петербургском институте ядерной физики главному научному сотруднику, доктору физ.-мат. наук, профессору, физику-экспериментатору, руководителю одного из современных направлений в радиационной физике твёрдого тела, Раисе Фёдоровне Коноплёвой.

Чего греха таить, мужчины не любят, когда в их епархию вторгаются женщины. Не будем перечислять на сей счёт существующие пословицы и поговорки, когда сильная половина рода человеческого заявляет такое..., пусть они останутся на совести мужчин. Они одновременно воспевают женщин, и в то же время ревностно относятся к тому, что те на равных с ними штурмуют высоты знаний.

«**В**ся жизнь должна быть преодоленем ещё не взятой высоты!» Этот лозунг висит в квартире киевских друзей Р.Ф. Коноплевой. В этой статье он приведен не случайно, поскольку реально помог им двигаться по жизни увереннее. Для Раисы Фёдоровны, или Раечки, как до сих пор её часто называют, несмотря на прибавившиеся годы, коллеги и друзья, этот лозунг давно органично вошел в жизнь. Этому призыву она следует всегда, и он, что самое главное, отражает суть её кредо.

Слушаю, порой, рассказ Раисы Фёдоровны о блокадных годах, когда она маленькой девочкой все 900 дней не только боролась за собственную жизнь, но и помогала, как могла, раненым бойцам, читала и писала письма, участвовала в детской самодеятельности, и тем самым одним вселяла надежду на выздоровление, другим — уверенность в победе.

Казалось, сама должна была погибнуть, не выдержать этого страшного холода и голода, а нет, преодолела, пересилила, выстояла!

Сегодня кто по кинофильмам, кто по собственным воспоминаниям может воссоздать то радостное послевоенное время, когда страна необычайно быстро начала залечивать военные раны, когда верилось, что вот, только этот этап преодолеем, и откроется за горизонтом прекрасное светлое будущее. Война сделала нам надежную прививку от беспечности — пришло понимание того, что только сильная страна может преодолеть любые опасности. Именно в это время многие мальчишки и девчонки заболели физикой и техникой.

Многим одноклассникам казалось, что выбор политехнического, да ещё и физико-механического факультета — не женская стезя. Подруги до сих пор вспоминают, что Рая очень увлеклась

биологией, мечтала работать в области высшей нервной деятельности мозга, ездила в Колтуши. И вдруг — физика. Когда студентов распределили по будущим специальностям, то в ядерную физику отобрали только ребят. Ей пришлось довольствоваться электроникой... Однако много, очень много в нашей жизни играет Его величество случай! У Раисы Фёдоровны такой замечательный случай произошел, когда она студенткой третьего курса попала на практику к известному талантливому физику Анатолию Робертовичу Регелю. Чтобы понять, какого масштаба это был человек, и каким событием это было для студентки, необходимо сделать маленькое отступление...

Профессор М.С. Соминский оставил прекрасное воспоминание в виде книги о выдающемся ученом академике А.Ф. Иоффе, где с хронологической последовательностью рассказал о трудных пятидесятых годах, о травле крупнейшего учёного, о том, как Иоффе был вынужден оставить пост директора Ленинградского ФИЗТЕХа и создать лабораторию полупроводников. Учёный понимал, что у нового направления большое будущее. Условия были трудные: не приспособленные для научной работы помещения, отсутствие нужного коллектива людей, необходимых приборов, материалов. Начинать опять приходилось с нуля. Но зато рядом были единомышленники, талантливые физики, а среди них любимый ученик А.Р. Регель. Вот к нему-то, ближайшему сподвижнику знаменитого учёного, во вновь создаваемую лабораторию и пришла молоденькая (хорошенькая) студентка Политехнического института Раечка, тогда ещё Комарова.

Работа по новой тематике только начиналась. Приходило новое оборудование. Студентке-практикантке было предложено собрать масс-спектрометр. На нём были проведены первые



Раиса Фёдоровна Коноплёва

работы по исследованию поликристаллических кристаллов германия. Забегая вперёд, скажем, что с этой задачей она успешно справилась, но главным в практике было другое. Ей повезло, её приглашали присутствовать на знаменитых семинарах «папы» Иоффе, слушать выступления великих и иногда даже общаться с ними в рабочей обстановке в новой лаборатории, куда они принесли с собой необыкновенную ауру: демократический дух старого Физтеха.

Главное в этой практике было то, что она впитала в себя прекрасные качества, которые отличают настоящего учёного: порядочность, высокую требовательность, добросовестность в оценке научных результатов, интеллигентность. Молодая практикантка, как говорится, пришлась ко двору. Здесь же, спустя два года, она сделала свою дипломную работу.

О результатах исследований было доложено на большом семинаре у «папы» Иоффе, который «благословил» на публикацию материалов молодой практикантки в научном журнале «Доклады Академии наук». Тема публикации была связана с ионной имплантацией, результаты были получены на том самом масс-спектрометре, который она собирала на третьем курсе.

Окончен институт, и опять судьба повернулась к ней лицом. Раиса Фёдоровна попадает на работу в лабораторию ФТИ к профессору С.М. Рывкину, признанному в мире учёному по полупроводникам.

А на пороге начало советских космических исследований. Как поведут себя полупроводники в условиях космоса? Какое влияние оказывают на материалы излучения в космическом пространстве? На все эти вопросы нужно было дать исчерпывающие ответы. Вот к этой непростой задаче и приступила молодой научный сотрудник. Работы по облучению образцов начались на ядерном реакторе, который был только что запущен в Обнинске, затем работы были продолжены в Гатчине на новом исследовательском реакторе ВВР-М.

Материал в результате исследований был получен обширный, он позволил Раисе Фёдоровне его всесторонне проанализировать и в 1964 г. успешно защитить кандидатскую диссертацию.

Не хотелось, чтобы у читателя сложилось впечатление, что я рассказываю о судьбе учёного академика, как это называли раньше, этакое синего чулка. Ничуть нет.

Я порой удивляюсь: и когда Раиса Фёдоровна всё успевала; и съездить покататься с мужем на любимую заснеженную гору в Можайское, где уже несколько лет работает для горнолыжников подъёмник; и обсудить последние новости с дочкой Таней, продолжившей путь родителей в науке; и тщательно продумать детали туалета, отвечающие последним новинкам моды.

Не скрою, для меня эталоном настоящей женщины является замечательный образ А.М. Коллонтай. Она тоже всё успевала в своей многотрудной работе, всегда оставаясь женщиной. Как-то в экспозициях музея Революции в Ленинграде я увидела кофточку, собственноручно сшитую Александрой Михайловной. Удивительно изящная была вещь, расшитая бисером и стеклярусом! Не зря она стала музейным экс-

понатом. Насколько же гармонично сочетались у неё изящные женские черты с жесткостью карьерного дипломата...

Но вернёмся к науке.

С начала выхода исследовательского реактора ВВР-М в Гатчине на полную мощность начались интенсивные исследования характера и природы радиационных нарушений в германии и кремнии, облучённых нейтронами реактора.

Научные данные настолько были оригинальными, что стали в своё время предметом широкой дискуссии с американскими специалистами. Данные русских были убедительны и дополнили зарубежные аналоги в научной литературе.

В 1984 г. Раиса Фёдоровна защищает докторскую диссертацию, посвящённую исследованию природы радиационных повреждений в твёрдом теле (нейтронами, протонами).

Но наступили события трудных 90-х, когда, казалось, что всё и вся рухнет — тут уж не до науки! И действительно, именно в эти годы российская наука, как, впрочем, и другие области жизни россиян, откатились далеко назад!

Хотя просвещённый читатель знает, что именно в эти годы прошёл своеобразный бум по многим лабораториям мира, когда были открыты новые высокотемпературные керамики. Раиса Фёдоровна обратила внимание, что некоторые свойства, наблюдаемые в керамических сверхпроводниках, знакомы ей по работе с полупроводниками. Решено было сформулировать идею постановки экспериментов по модификации свойств высокотемпературных сверхпроводников под воздействием ядерного излучения.

В острой конкурентной борьбе тема, предложенная Коноплёвой и группой её единомышленников, была одобрена Российской академией наук. Работа по новой теме на какое-то время стала приоритетной в её исследованиях. А в это время в ПИЯФ РАН полным ходом шли работы по модернизации исследовательского реактора ВВР-М и созданию нового высокопоточного исследовательского реактора ПИК. Перед профессором Коноплёвой и её группой теперь открывались широкие возможности перехода к следующему этапу исследований — изучению свойств новой группы материалов с использованием уникальных ядерных инструментов, какими являются исследовательские атомные реакторы!

Можно здесь опять увидеть элемент везения, но я бы назвала это фактом закономерного, успешного результата, полученного талантливыми учеными.

Итак, предмет исследований Раисы Фёдоровны за последние 5 лет — радиационная физика наноматериалов. Вместе со своими коллегами она изучает свойства наноструктурированных алмазов, а если точнее — разнородного вещества класса углеродов. Здесь перед ними открылись совершенно необычные качества этого природного материала! Теперь задача задач — изучить эти свойства и найти им достойное и полезное применение в технике, биологии, медицине и повседневной жизни современного человека!

Использование материалов с заданными свойствами — это всегда финальный этап исследований. В данном случае до него еще идти и идти...

В последнее время группа проф. Р.Ф. Коноплёвой озабочена подготовкой проекта (идет консультация и дебаты), который планируется в будущем осуществить на реакторе ПИК. Речь идёт о гелиевой петле: экспериментальной установке, с помощью которой осуществляется облучение и исследование новых свойств образцов в канале реактора после облучения от гелиевой температуры до комнатной, и выше.

Этот уникальный проект был вначале опробован на исследовательском реакторе ВВР-М, установка очень хорошо себя показала в эксперименте, в будущем планируется использовать её модификацию в канале реактора ПИК.

Честно говоря, дух захватывает, когда узнаешь, «О, сколько нам открытий чудных готовит просвещённый дух». Пожалуй, эти пушкинские строки лучше всего характеризуют сегодняшнее настроение наших ученых. Сегодня, как и в послевоенные годы у них есть понимание того, что только сильная Россия может обеспечить наше будущее. Дело лишь за поддержкой государства.



В лаборатории

Участие Л.Ландау и И.Халатникова в совершенствовании водородной бомбы

(обзор архивных документов)

В статье приведена информация об участии теоретического отдела Л. Д. Ландау и физической лаборатории И. М. Халатникова Института физических проблем АН СССР в расчетно-теоретических работах совместно с КБ-11 по конструктивным схемам новых типов советских водородных бомб, подготовленная на основе изучения архивных документов Первого Главного управления. Из представленных в статье документов видно, что сотрудники теоретического отдела и физической лаборатории ИФП провели исследование различных схем водородных бомб, основанных на новых физических принципах, и внесли серьезный вклад в их совершенствование и выбор оптимальных вариантов.



Г.В.Киселев,
ГНЦ РФ ИТЭФ,
Москва, kiselev@itep.ru;
gkiselev2008@yandex.ru

деятельности ИФП. Все документы, приводимые в настоящей статье, рассекречены, за исключением некоторых численных данных, изъятых при рассекречивании. Тем читателям, которые интересуются детальной информацией об истории разработки отечественного термоядерного оружия, рекомендуем обратиться к статьям Ю. Б. Харитона, В. Б. Адамского, Г. А. Гончарова, Ю. Н. Смирнова, и др., опубликованным в УФН [3–9].

Водородная бомба РДС-6С

Первоначально, для лучшего понимания возникающих научно-технических проблем и характеристики расчетной деятельности теоретического отдела ИФП приведем выдержки из отчета КБ-11 «Модель изделия РДС-6С», подготовленного И. Е. Таммом, А. Д. Сахаровым и Я. Б. Зельдовичем незадолго до испытания первой советской ВБ РДС-6С, в котором было указано [10]:

«Сов. секретно
(Особая папка)

Отчет И. Е. Тамма, А. Д. Сахарова и Я. Б. Зельдовича «Модель изделия РДС-6С»

15 июля 1953 г.
Экз. № 1

Изделие РДС-6С представляет собой водородную атомную бомбу. Протекание взрыва этой бомбы определяется термоядерной реакцией между изотопами водорода, а основным источником выделяющейся при взрыве энергии является расщепление ядер изотопов урана-238 и -235 нейтронами, образующимися в термоядерной реакции.

На полигоне № 2 в 1953 г. будет испытываться модель изделия РДС-6С, ничем не отличающаяся от боевого изделия РДС-6С, кроме содержания трития и урана-235, которых в модели будет (...) г и (...) кг, а в боевом изделии в 2 или 3 раза больше.

Принципы действия и основные показатели изделия РДС-6С

[...] В таблице 3 указано энерговыделение модели изделия РДС-6С по отдельным слоям согласно расчету группы Л. Д. Ландау (выполнен по заданию КБ-11). (Примечание составителя: таблица не приводится). (...)

Итого = 465 тысяч тонн тротила.

Однако в задании на расчет, выданное Ландау, не были включены следующие факторы, понижающие мощность взрыва модели РДС-6С. (...)

По этим причинам полученное в приведен-

ном расчете энерговыделение надо уменьшать примерно на 35%, так что наиболее вероятная мощность модели РДС-6С в предстоящем опыте 1953 г. должна быть принята равной 300 тысячам тонн тротила.

Ввиду чрезвычайной сложности и многообразия процессов, протекающих при взрыве многослойного заряда, возможно колебание мощности на одну треть в ту или другую сторону по сравнению с наиболее вероятной, так что окончательная оценка мощности опытного взрыва составит 300 ± 100 тысяч тонн тротила.

Часть II. Исследования процессов, происходящих при действии изделия РДС-6С

К моменту начала работы над РДС-6С отсутствовали количественные данные об основных процессах, определяющих протекание ядерного взрыва водородного изделия, ввиду чего не было возможности рассчитать мощность изделия и необходимое для его изготовления количество трития.

Для получения этих данных потребовалось выполнить очень обширный круг экспериментальных и теоретических исследований и существенно повысить точность ядерных измерений и математических расчетов. [...]

Основная цель расчетов ядерного взрыва: вычислить полную мощность взрыва различных вариантов изделия для выбора оптимального варианта и для сравнения расчета с результатами испытания. (...)

В группах Тихонова А. Н. и Ландау Л. Д. по заданиям КБ-11 были разработаны методы «детального» расчета процесса взрыва.

Идея детального расчета сводится к следующему. Полный интервал времени, в течение которого разыгрывается процесс взрыва, разбивается на ряд меньших интервалов — шагов по времени (их число около 100). Процесс взрыва рассчитывается шаг за шагом, начиная с момента разрушения нейтронного запала вплоть до последних стадий, когда в результате процесса расширения (разлета) изделия его плотность настолько упала, что все ядерные (нейтронные и термоядерные) реакции практически прекратились. Для учета взаимного влияния различных частей системы вся система разбивается на ряд отрезков по радиусу (их в расчете около 30), и в каждом из таких отрезков на каждом шагу по времени определяются значения всех функций температуры, плотности вещества, плотности нейтронов трех различных «энергетических» групп.

Разработка математических методов детального расчета, выполненная по заданиям КБ-11 группами Ландау Л. Д. и Тихонова А. Н., потребовала серьезной исследовательской и большой вычислительной работы. В ходе поисков оптимального варианта РДС-6С и методических исследований было проведено 12 детальных расчетов водородных изделий. 2) Количество произведенных при этом арифметических операций исчисляется многими десятками миллионов.

Отметим некоторые принципиальные моменты. Был выработан такой метод расчета, в котором неизбежные в столь громоздких вычислениях малые ошибки не накапливаются и не приводят к существенной погрешности в конечном результате. Решение этой проблемы открывает,

в частности, возможность применения электронных вычислительных машин взамен медленного и трудоемкого ручного счета.

Особые трудности в проблеме расчета РДС-6С (преодоленные лишь в 1952 г. Ландау Л. Д.) вызвало наличие в изделии ударных волн, возникающих при сжатии легких слоев в стадии ядерного взрыва и обусловленных слоистой структурой

В главе I приведены результаты проведенного в группе Ландау Л. Д. расчета модели РДС-6С. Наличие разработанной методики расчета позволяет также осуществить выбор оптимального варианта боевого изделия» [...].

15. VII 53 г. И. Тамм

15. VII 53 г. А. Сахаров

15.07.53 г. Я. Зельдович

Архив Росатома. Ф. 24, оп. 18, д. 20, л.

160–187. Подлинник.

Примечание документа: «¹В связи с описанным принципиальным значением слоистой структуры для РДС-6С это изделие названо было многослойным зарядом. 2) 7 расчетов в бюро Тихонова А. Н., 3 расчета в бюро Ландау Л. Д., 2 расчета в бюро Семендяева К. А. и Гельфанда И. М.»

В описании приводится также информация о ядерных исследованиях, включая изучение процесса сжатия, перемешивания слоев в стадии ядерного взрыва; расчеты процесса ядерного взрыва и мощности изделия; проведен анализ надежности изделия РДС-6С, указаны задачи и методы испытания РДС-6С (более детально см. [10])

Хотелось бы обратить внимание читателя на исключительную сложность процессов, происходящих при взрыве РДС-6С, изученных в КБ-11, теоретическом отделе ИФП, ФИАН и др., роль теоретического отдела ИФП и лично Л. Д. Ландау в решении ряда научных проблем, указанные авторами описания модели ВБ РДС-6С:

Следует обратить внимание на специальное распоряжение СМ СССР от 3 июня 1953 г. № 7550-рс/оп, которое было выпущено перед испытанием РДС-6С на Семипалатинском полигоне и в пункте 8 которого имелось поручение [11]:

«8. Возложить обобщение научно-технических результатов испытаний на

т. Курчатова (председатель), Харитона, Щелкина, Тамма, Сахарова, Зельдовича, Забабахина, Давиденко, Садовского, Старика, Блохинцева, Лаврентьева, Ильюшина, Ландау, Келдыша, Комелькова, Болятко (по военной технике), Бурназяна (по биологическим вопросам)».

На полигоне, сразу после испытания был подготовлен «Предварительный отчет по испытаниям изделия РДС-6С», который 15 августа 1953 г. подписали указанные выше специалисты, кроме А. И. Бурназяна и Л. Д. Ландау, и в котором отмечалось [12]:

«Полный тротиловый эквивалент изделия РДС-6С находится в пределах между 350 и 400 тыс. тонн».

Вскоре после испытания РДС-6С В. А. Малышев и Б. Л. Ванников направили Г. М. Маленкову «Докладную записку о результатах испытания водородной бомбы РДС-6С» от 28–29 августа 1953 г., подготовленную, видимо, на основании отчета [12], в которой было указано [13]:

«В Президиум ЦК КПСС
Товарищу Маленкову Г. М.

Докладываем о результатах испытаний водородной бомбы (РДС-6С) 12 августа 1953 года на полигоне № 2 в районе г. Семипалатинска.

Характеристика взрыва водородной бомбы РДС-6С

При испытании водородной бомбы РДС-6С впервые была осуществлена термоядерная реакция между тяжелыми ионами водорода — дейтерием и тритием, которая сделала возможным более эффективно использовать уран-235, обеспечила расщепление обычного урана-238, и в результате получить мощный взрыв с выделением энергии, эквивалентной энергии взрыва 350 000–400 000 тон тротила».

Предложения КБ-11

Осмысление результатов испытания ВБ РДС-6С привело А.Д. Сахарова к идее мощной ВБ с использованием газообразного дейтерия без трития [14]. На основе этого предложения А. Д. Сахарова В.А. Малышев, А.П. Завенягин и И.В. Курчатов обратились к Г.М. Маленкову 26 октября 1953 г. с письмом о разработке мощной водородной бомбы нового типа, в котором говорилось [15]:

«Отличительной особенностью нового типа водородной бомбы является использование тяжелого водорода (дейтерия) в газообразном состоянии под давлением.

Сверхтяжелый водород (тритий) в бомбу не закладывается (в отличие от испытанной 12.УИИ.с. г. водородной бомбы типа РДС-6С), а образуется полностью в процессе атомного взрыва из лития-6».

Заслуживает внимания подробный «Доклад об основных научных результатах испытаний 1953 года на полигоне № 2 и о главных задачах плана КБ-11 на 1954 г.», который зам. гл. конструктора КБ-11 К.И. Щелкин направил в ПГУ 3 ноября 1953 г. [16]. Приведем выдержки из выводов этого доклада,

«В результате испытаний 12 августа 1953 г.:

а) доказана практическая возможность осуществления взрывных реакций в лёгких, содержащих дейтерий и тритий, слоях, заключенных между тяжелыми слоями;

б) доказана правильность выбранной системы получения исходных ядерно-физических данных и системы расчёта сложных последовательных и параллельных ядерных и термоядерных взрывных реакций;

в) показан большой удельный вес реакций образования трития из лития-6 в процессе взрыва водородной бомбы испытанного типа».

Таким образом, из доклада К.И. Щелкина следует, что основным направлением совершенствования ВБ, основанной на слоистой структуре заряда, является использование изделий без трития.

В начале 1954 г. в КБ-11 появилась идея об атомном обжиге (АО), о котором Я.Б. Зельдович и А.Д. Сахаров 14.01.1954 г. доложили Ю.Б. Харитону специальной запиской (выполнена от руки) [17].

Воспользуемся описанием процесса атомного обжиге, приведенного в пояснительной записке «Водородная бомба с атомным обжиге легкого ядерного горючего», подписанной Харитоном Ю.Б., Зельдовичем Я.Б. и Сахаровым А.Д. 2 февраля 1955 г., выдержки из которой приводятся ниже [18]:

«Принцип атомного обжиге основывается на следующих исходных положениях. Для достижения более высоких технических показателей непрерывным условием оказывается сжатие легкого ядерного горючего до очень высокой плотности. Лишь при этом условии возможно возникновение такого режима протекания термоядерной реакции, когда выделение тепла приводит к прогрессивному повышению температуры, т.е. к тепловому воспламенению с выгоранием значительной доли легкого ядерного горючего. При меньшей плотности термоядерные реакции протекают медленно и к моменту разлета системы выгорание незначительно.

Удобным видом легкого ядерного горючего является соединение тяжелого изотопа водорода (дейтерия) с легким изотопом лития литием-6 (Li^6D) (ниже, для краткости, «дейтерид»). [...]»

Ознакомление с имеющимися документами

свидетельствует о том, что это предложение КБ-11 было принято для реализации.

Расчетная деятельность теоретического отдела и физлаборатории ИФП

Предложение КБ-11 о разработке нового типа мощной водородной бомбы было одобрено руководством страны, в результате чего вышло постановление СМ СССР № 2835–1198 сс от 20.11.1953 г. «О разработке нового типа мощной водородной бомбы», в котором были предусмотрены следующие поручения [19]:

«Совет Министров Союза ССР ПОСТАНОВЛЯЕТ:

1. Принять предложение Министерства среднего машиностроения (т.т. Малышева, Завенягина, Курчатова) о создании новой мощной водородной бомбы, предложенной академиком Сахаровым А.Д., и об испытании в конце 1954 г. опытного образца новой бомбы с полным тротильным эквивалентом в 1 млн тонн.

2. Возложить разработку новой конструкции водородной бомбы на КБ-11 Министерства среднего машиностроения (т.т. Харитона, Щелкина, Духова, Александрова) и утвердить научным руководителем работ академика Сахарова А.Д. Возложить выполнение расчетно-теоретических и вычислительных работ по новой водородной бомбе по заданиям КБ-11 на Институт физических проблем Академии наук СССР (т.т. Александрова А.П. и Ландау Л.Д.) и Отделение прикладной математики Математического института Академии наук СССР (т.т. Келдыша, Тихонова, Семендяева)».

Как было указано в приказе министра среднего машиностроения В.А. Малышева от 24.11.1953 г., новое изделие получило наименование 6 СД [20]. В пункте 3 указанного приказа было записано:

«3. Т.т. Александрову А.С., Харитону Ю.Б., Сахарову А.Д. в месячный срок подготовить и выдать Институту физических проблем Академии наук СССР и Отделению прикладной математики Математического института Академии наук СССР задание на выполнение расчетно-теоретических и вычислительных работ по изделию 6 СД».

В связи с поручением о разработке ВБ 6 СД Ю.Б. Харитон и А.Д. Сахаров 26 января 1954 г. обратились к Министру среднего машиностроения В.А. Малышеву с запиской «О перспективных работах по водородному оружию больших мощностей», выдержки из которой приводятся ниже [21]:

«Товарищу Малышеву В.А.

Основным путем повышения эффективности многослойного заряда является увеличение используемой в системе массы урана-238. Убедительный пример значения увеличения U238 дает сравнение двух расчетов групп Тихонова и Ландау. Обе системы бестритиевые с ОЗ ~ (...) кг U235. При массе U238 (...) кг мощность 0,42 млн тонн. При массе U238 (...) кг мощность возросла до 2,25 млн тонн. [...]»

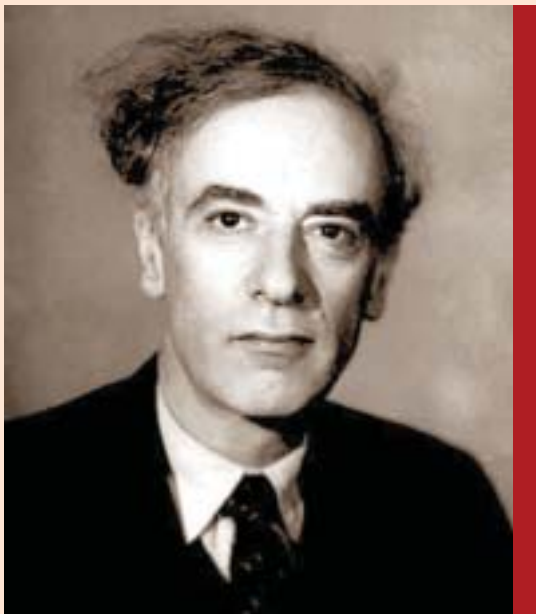
Имеются и другие предложения по мощным водородным изделиям (предложение Халатникова И.М. о распространении реакции в LiD , предложение об использовании пушечного инициатора необжиге M3, ряд вариантов с несферическим обжиге). [...]»

По указанному кругу вопросов потребуются многочисленные расчеты, возможны и крайне желательны новые предложения. В КБ-11 и в Институте прикладной математики большая часть сотрудников и электронные машины в ближайшее время заняты на текущей тематике. Необходимо использовать для работы по перспективной тематике те силы, которые занимались РДС-6С в ИФП. Мы полагаем, что необходимо сохранить расчетную группу, возглавляемую Мейманом.

С частичным отходом Ландау к более отвлеченным задачам целесообразно поручить непосредственное руководство теоретической группой Халатникову И.М., проявляющему инициативу, оставив общее руководство за Ландау.

Эти обязанности т.т. Халатникова и Меймана было бы желательно закрепить организационно, назначив их на соответствующие должности.

Было бы очень важно ознакомить т. Халатникова с тематикой перспективных работ КБ-11 (в частности, разрешить ему поездку в КБ-11 для



Академик Л.Д.Ландау

ознакомления на месте с газодинамическими вопросами и конструкциями).

В дальнейшем, вероятно, было бы целесообразно перевести эти группы в КБ-11.

Просим Ваших указаний.

Ю. Харитон, А. Сахаров.
17/3-оп от 26 января 1954 г.

Резолюция на первом листе, от руки: Лично (подчеркнуто). Ванникову Б.Л., Курчатову И.В., Павлову Н.И. (подчеркнуто). Хорошо было бы собрать совещание у меня с участием т.т. Харитона, Сахарова, Зельдовича, Попова (Халатникова), Тамма Б. Малышев. 29. I.

Помета на полях первого листа, от руки: Тов. Павлову Н.И. (подчеркнуто). Прошу переговорить со мной. Б. Ванников. 2/II 54.

Архив Росатома. Ф. 24, оп. 18, д. 25, л. 1–2. Подлинник».

Примечание документа: ОЗ — основной заряд. Однако сведений о встрече указанных специалистов с В.А. Малышевым в архиве госкорпорации «Росатом» не обнаружено.

Краткие биографические сведения И.М. Халатникова [22]: «Халатников Исаак Маркович (р.1919 г.) — физик-теоретик, акад. АН СССР (1984). Окончил Днепропетровский ун-т (1941). В 1945–1965 работал в Ин-те физических проблем АН СССР, с 1954 также профессор Московского физико-технического ин-та. Труды по теории квантовых жидкостей, сверхпроводимости, квантовой электродинамике, квантовой теории поля, релятивистской космологии, общей теории относительности. Лауреат Сталинской премии (1953) и премии Л.Д. Ландау (1974)».

К этой характеристике можно добавить: В составе теоретического отдела ИФП И.М. Халатников принимал участие в расчетном обосновании атомных и водородной (РДС-6С) бомб, а затем в работах по совершенствованию водородных бомб.

3 марта 1954 г. Технический совет КБ-11 заслушал на своем заседании следующие доклады [23]:



Взрыв первого советского термоядерного заряда (два момента времени). Семипалатинский испытательный полигон, 12 августа 1953 года. (Архив Минатома)

1. «Доклад Сахарова А.Д. о состоянии расчетно-теоретических работ по изделию РДС-6СД и по многослойным изделиям больших размеров (см. Приложение № 1х)).

2. Доклад Попова Н.А. о новом принципе обжиге многослойного изделия и о (...).

3. Доклад Гречишников В.Ф. о конструкции изделия РДС-6СД (газовый вариант).

Совет принял следующие решения: [...]»

3. Для дополнительной проверки и составления заключения о степени надежности приближенных методов сравнительной оценки эффекта вариантов изделия РДС-6СД на 2 млн тонн с применением газа и без газа выделить комиссию в составе:

1. Сахаров А.Д.
2. Зельдович Я.Б.
3. Забабахин Е.И.
4. Франк-Каменецкий Д.А.
5. Халатников И.М.
6. Романов Ю.А.

Срок заключения комиссии — 10/III 54 г. Результаты работы комиссии доложить в министерство».

«Примечание документа: приложение не приводится.

«Заключение комиссии по результатам приближенных расчетов эффективности изделия РДС-6СД» было представлено а ПГУ 17 марта 1954 г. (оно приводится ниже [24]):

«Согласно решению Совета от 3 марта 1954 г. комиссия в составе: Сахарова А.Д., Зельдовича Я.Б., Франк-Каменецкого Д.А., Халатникова И.М., Забабахина Е.И. и Романова Ю.А. рассмотрела следующие вопросы:

1. Сравнение эффективностей газового и безгазового вариантов изделия РДС-6СД по расчетам с помощью приближенных формул.
2. Абсолютная мощность изделия РДС-6СД.

Комиссия пришла к следующим выводам:

1. По приближенным формулам 3/4 полной энергии выделяется за счет сгорания легкого сплава-2⁴, причем легкий сплав-2 сгорает почти полностью.

При этом газ, находящийся во внешней части изделия, мало влияет на сгорание легкого сплава-2 и мало изменяет полный энергетический эффект.

В приближенном расчете не учтен ряд факторов, увеличивающих относительную эффективность безгазового варианта.

1) В то время как обжиге газового варианта правильно проинтерполировано по данным расчетов в бюро Семендяева, обжиге безгазового варианта недооценено, что приведет к тому, что эффект газа окажется еще меньше.

2) В безгазовом варианте возможно применение защитной корки над вторым гидридным слоем из (...) кг металла, не ухудшающей обжиге и немного увеличивающей эффект изделия. В газовом варианте корка из металла, вероятно, ухудшит обжиге.»

Комиссия считает, что расчет влияния газа с помощью приближенных формул является надежным и основным вывод — малое влияние газа на эффективность изделия РДС 6 СД — правильным.

Если эффективность газового варианта принять за единицу, эффективность безгазового варианта равна $0,95 \pm 0,10$.

Этот результат не исключает возможностей эффективного использования газообразного и жидкого криптон-6 в более сильнообжатых изделиях с размещением криптона во внутренних слоях.

II. Оценку абсолютной мощности комиссия считает менее надежной, т.к. приближенные формулы не сопоставлялись с точными расчетами близких по конструкциям изделий на 2 млн тонн (из-за отсутствия точных расчетов).

Точность расчета по приближенным формулам оценивается в 30%, и абсолютная эффективность изделия (газового и безгазового) равна $1,9 \pm 0,6$ млн т.

Результаты приближенных расчетов дают основания использовать более простую по конструкции систему без газа для получения эффекта 2 млн тонн в МЗ без ксенонаб. Получение заданной мощности в данных габаритах представляется возможным путем изменения количества потребного легкого сплава-2 (...) кг, которое может быть уточнено после окончания точного расчета газового варианта изделия в бюро Тихонова.

III. Комиссия считает целесообразным проведение ряда расчетов в секторе № 1.

1. Расчет газового и безгазового вариантов РДС-6СД по приближенным дифференциальным уравнениям.

2. Расчет ядерного варианта РДС-6СД с применением НЗ26).

3. Расчет вероятностей НВ7 для разных вариантов РДС-6СД.

Члены комиссии:

Сахаров А. Д.

Зельдович Я. Б.

Халатников И. М.

Забабахин Е. И.

Франк-Каменецкий Д. А.

Романов Ю. А.

«...» марта 1954 г.

Архив ВНИИЭФ. Ф. 1, оп. 2 с, д. 79, л. 5–6. Подлинник.

*) Замена части металла сталью в газовом варианте учтена при приближенном расчете эффективности. [Примеч. документа.]»

Примечания документа: 4) — уран-235, 5) — дейтерий, 6) — тритий, 7) НВ — речь идет о вероятности неполного взрыва, т.е. взрыва со снижением энерговыделения из-за преждевременного возникновения цепной ядерной реакции. Заключение комиссии было направлено Ю.Б. Харитонову Б.Л. Ванникову с сопроводительным письмом от 5.4.1954 г. исх. 67/3-оп.

22 марта 1954 г. В.А. Малышев, Б.Л. Ванников, И.В. Курчатов и Ю.Б. Харитон представили в Президиум ЦК КПСС проект постановления СМ СССР об утверждении плана научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ КБ-11 на 1954 год [25]. В этом письме было указано:

«В Президиум ЦК КПСС товарищу Маленкову Г.М.

Работы предыдущих 1952–1953 гг. по созданию атомных и водородных бомб были завершены испытаниями в 1953 г. на полигоне № 2 Министерства обороны. На основании результатов испытаний и их анализа найдены новые возможности создания более мощного водородного оружия и дальнейшего усовершенствования существующих конструкций атомных бомб.

Представляемый на Ваше рассмотрение план работ КБ-11 Министерства среднего машиностроения по разработке водородного и атомного оружия состоит из трех разделов.

Основными задачами первого раздела плана работ, выполняемых в КБ-11, являются:

а) Создание, в соответствии с Постановлением Совета Министров № 2835–1198 от 20 ноября 1953 г., мощной водородной бомбы РДС-6СД (предложенной академиком Сахаровым) с полным тротиловым эквивалентом около 2 млн тонн в габаритах авиационной атомной бомбы (РДС-6С).

В письме имеется следующая информация: «Настоящий план научно-исследовательских

и опытно-конструкторских работ... на 1954 г. разработан с участием академиков Сахарова и Лаврентьева, членов-корреспондентов АН СССР Щелкина, Духова, Зельдовича и доктора физико-математических наук Забабахина, а по отдельным разделам плана с участием академиков Ландау и Тамма».

Уже через 3 дня, 26 марта вышло постановление СМ СССР № 525–230 с/оп об утверждении указанного плана КБ-11, в пп. 3 и 5 которого было указано [26]:

«3. Считать, что важнейшими задачами Министерства среднего машиностроения и КБ-11 в 1954 году являются:

а) создание водородной бомбы нового типа (РДС-6СД) с зарядом из урана-235 (...) с полным тротиловым эквивалентом около 2 млн тонн, изготовление и испытание опытного образца водородной бомбы в габаритах изделия РДС-6С с полным тротиловым эквивалентом около 1 млн тонн с зарядом из урана-235 (...); [...]

5. Принять предложение тт. Малышева, Ванникова, Курчатова и Харитона об организации расчетно-теоретических работ и эскизного проектирования по созданию изделий большей мощности (5–10 млн тонн) и весом до 20 тонн.

Для обеспечения расчетно-теоретических работ обязать президиум Академии наук СССР (т. Несмеянова) и директора Института физических проблем Академии наук СССР (т. Александрова) в месячный срок организовать в институте лабораторию под руководством доктора физико-математических наук т. Халатникова и при консультации академика Ландау. Выполнение расчетно-вычислительных работ поручить вычислительному бюро этого института под руководством доктора физико-математических наук т. Меймана».

В п. 3 приказа В.А. Малышева от 30.3.1954 г., выпущенным во исполнение указанного выше постановления СМ СССР, поручалось [27]:

«3. Начальнику Главного управления приборостроения т. Зернову П.М. подготовить:

а) в недельный срок задания КБ-11 и всем привлеченным организациям соответствии с утвержденным планом опытно-конструкторских и научно-исследовательских работ;

б) сообщение президиуму Академии наук СССР (т. Несмеянову) и Институту физических проблем Академии наук СССР (т. Александрову) о необходимости организации до 26 апреля с.г. расчетно-теоретических работ в лаборатории Института физических проблем под руководством доктора физико-математических наук т. Халатникова и при консультации академика т. Ландау; [...]

Таким образом, из представленных документов видно, что в начале 1954 г. ИФП получил правительственные задания по расчетному обоснованию ВВ РДС-6СД и организации для этого лаборатории под руководством И.М. Халатникова при консультациях Л.Д. Ландау.

Вскоре, 12 апреля 1954 г. Б.Л. Ванников дал следующее поручение Ю.Б. Харитону [28]:

«Товарищу Харитону Ю.Б.

Направляю Вам предложение научных сотрудников Института физических проблем АН СССР тт. Халатникова и Дьякова о возможности использования размножения быстрых нейтронов на бериллии для осуществления в комбинации с термоядерной реакцией цепного процесса в системах, состоящих из Li_6 и Ве.

Прошу Вас рассмотреть это предложение и в 3-дневный срок сообщить Ваше заключение с мероприятиями по организации работ в указанном направлении.

Приложение: упомянутое на 2-х листах, от н/вх. № ПР/1004, сов. секретно, (особая папка).²

Б. Ванников

№ ст. 593/20 «12» апреля 1954 г.

Помета, от руки: В дело. Ю. Харитон. 8.5.54. Архив ВНИИЭФ. Ф. 1, оп. 2 с, ед. хр. 41, л. 143. Подлинник.

² Приложение не публикуется».

Это предложение было рассмотрено, правда, с месячной задержкой, Ю.Б. Харитоновым, А.Д. Сахаровым и Я. Зельдовичем [29]. В заключении говорится следующее:

«Товарищу Ванникову Б.Л.

Предлагаемые тт. Халатниковым и Дьяковым системы с элементом Ве являются одной из возможных форм использования ядерной энергии

легких элементов.

Сравнение их с другими системами (слойки обычного состава, слойки с жидким дейтерием, жидкий дейтерий или чистый дейтерид лития-6 и природного лития) требует подробного расчета всех указанных вариантов в реальных условиях обжатия соответствующих веществ с помощью ВВ или атомного обжатия.

Целесообразно, чтобы расчеты бериллиевых систем проводились в Институте физических проблем под руководством Халатникова и Дьякова.

Замена Li на природный Li снижает мощность систем. Это снижение, по нашему мнению, существенно в любых системах, мощность которых заметно превышает мощность первичного тяжелого инициатора, т.е. в любых практически интересных системах.

Глобальные опыты подготавливаются и частично начаты в КБ и в ЛИПАН, с их результатами ИФП будет своевременно ознакомлен.

Расчет сжатия легких веществ с помощью ВВ в КБ подготовлен и в ближайшее время отсылается в ИФП.

Приложение: пр. к н/вх. 238/3-оп на 7 листах, только в адрес.

Ю. Харитон

А. Сахаров

Я. Зельдович

№ 85/3-оп

«15» мая 1954 г.

Пометы на верхнем поле документа, от руки: Вызвать тт. Александрова А.П., Халатникова И.М., Дьякова С.П.Б. Ванников. 17/У; В дело 38 (подчеркнуто)».

Примечание документа: приложение не публикуется; подчеркнуто неустановленным лицом.



Академик И.М.Халатников

Документов о вызове указанных специалистов к Б.Л. Ванникову в архиве госкорпорации «Росатом» не обнаружено. Однако в докладной записке А.С. Александрова, Ю.Б. Харитона, А.Д. Сахарова, Я.Б. Зельдовича В.А. Малышеву о возможности создания водородных бомб на основе атомного обжатия и о производстве лития-6 от 24 июня 1954 г. указывается, в частности, следующее [30]:

«Товарищу Малышеву В.А.

О производстве лития-6

По Вашему поручению в КБ-11 были рассмотрены различные возможности создания мощных водородных бомб.

Были рассмотрены:

1. Бомбы с атомным обжатием различных материалов:

а) жидкого дейтерия;

б) дейтерида лития-6;

в) смесей дейтерида лития-6 с бериллием.

2. Водородные бомбы «НБУ» типа испытанной РДС-6С и разрабатываемой РДС-6СД, отличающиеся увеличенной мощностью и экономичностью, достигаемой за счет увеличения размеров и веса всего изделия и за счет увеличения количества дейтерида лития-6 и урана-238.

В результате рассмотрения выявилась принципиальная возможность создания транспортбельных, весьма мощных и исключительно экономичных изделий на основе атомного обжатия систем с большим содержанием лития-6 (в том числе, возможно, таких, в которых, кроме лития-6, содержится бериллий и уран-238)».

Таким образом, из этого документа видно,

что вариант с бериллием, предложенный Халатниковым И.М. и Дьяковым С.П., стал изучаться специалистами КБ-11.

Результаты расчетных исследований по РДС-6СД, в частности, результатов, полученных в теоретическом ИФП, рассматривались на техническом совещании в КБ-11 16–17 июля 1954 г. [31]. В совещании приняли участие В.А. Малышев, Б.Л. Ванников, И.В. Курчатов, Н.И. Павлов, А.С. Александров, Ю.Б. Харитон, А.Д. Сахаров, М.А. Лаврентьев и другие специалисты КБ-11. В докладе А.Д. Сахарова, сделанном на совещании 16.7.54 г., в частности, указывалось:

«Анализ проведенных расчетов дает основания отметить следующие обстоятельства:

1. Габариты изделия РДС-6С не наилучшие для бомбы мощностью 2 млн тонн на (...) кг U235. Оптимальное значение по КПД в габаритах РДС-6С достигается для бомб мощностью от 0,5 до 1,0 млн тонн.

2. Водородные бомбы (слойки) дадут больший КПД по сравнению с РДС-7 при переходе к большим габаритам (как показывают расчеты Халатникова).

Ниже приводятся сравнительные данные по ряду физических факторов, определяющих процесс взрыва различных конструктивных вариантов РДС-6».

17 июля 1954 г. на совещании продолжалось обсуждение сообщения А.Д. Сахарова о результатах работ КБ-11 по РДС-6СД [32], в частности, он указал, что:

«5. Расчет Халатникова для $R_{эфф} = (...)$ при наличии ряда завышающих предположений (нет перемешивания и др.) при правдоподобно придуманной газодинамике дал на (...) кг U235 мощность около 4 млн тонн».

На основе длительного и обстоятельного обсуждения доклада А.Д. Сахарова были приняты решения о разработке вариантов ВВ, с которыми можно ознакомиться в [31].

Итоги обсуждений по новым вариантам ВВ были подведены на совещании при министре среднего машиностроения В.А. Малышеве 6 сентября 1954 г., с участием И.В. Курчатова, П.М. Зернова, Н.И. Павлова, А.С. Александрова [32]. На совещании были приняты следующие решения:

«1. Считать целесообразным проведение расчетно-теоретических и опытно-конструкторских работ для РДС-6СД по одному варианту — мощность 2 млн тонн».

В пункте 5 протокола совещания было предусмотрено:

«5. Для проверки выполняемых в Отделе прикладной математики МИАН СССР расчетно-теоретических работ по изделиям СД-1, СД-3 и СД-4 образовать экспертную комиссию в составе Тамма (председатель), Ландау, Сахарова, Зельдовича, Халатникова и Забабахина с привлечением к работе комиссии тт. Попова и Дмитриева.

Работу экспертной комиссии организовать так, чтобы при обсуждении вопроса о выборе варианта изделия РДС-6СД с мощностью 2 млн тонн все заключения по выполненным расчетам были бы оформлены».

24–25 декабря 1954 г. состоялось расширенное заседание НТС КБ-11 под председательством И.В. Курчатова с участием министра В.А. Малышева, на котором было заслушано сообщение Ю.Б. Харитона о плане работе в КБ-11 на 1955 г. [33]. На заседании НТС с сообщением выступил Я.Б. Зельдович, который изложил идею атомного обжатия (АО) и привел результаты расчетов. В протоколе НТС приведены выступления В.А. Малышева и членов НТС Тамма, Сахарова, Духова, Курчатова, которые поддержали идею атомного обжатия, например:

«Тт. Малышев и Курчатов считают целесообразным обсудить проблему АО с ведущими физиками Арцимовичем, Леонтовичем, Ландау, Померанчуком с целью дополнительной проверки идей и расчетов».

НТС принял решение:

«1. План разработки проблемы АО с подробной пояснительной запиской представить на утверждение СМ СССР отдельно от общего плана КБ-11».



РДС-6С

В соответствии с этим решением Совета КБ-11 А.С. Александров и Ю.Б. Харитон 2.02.1955 г. направили письмо в МСМ с предложениями по разработке конструкции водородного оружия на основе АО вместе с проектом постановления СМ СССР [34]. Затем 9 февраля 1955 г. В.А. Малышев направил в Президиум ЦК КПСС проект постановления Президиума ЦК КПСС о разработке водородной бомбы на новом физическом принципе (АО назвали в документах того времени «окружение») [35]. 16 февраля 1955 г. Президиум ЦК КПСС принял постановление об утверждении указанного постановления [36]. Следует заметить, что название новой ВВ РДС-37 появилось в документах лишь в мае 1955 г. [37].

В конце июня 1955 г. в КБ-11 собралась комиссия под председательством И.Е. Тамма и составила доклад по рассмотрению физических принципов атомного обжатия и расчетов опытного устройства РДС-37, в котором отмечалось [38]:

«1 июля 1955 г.
Сов. секретно
(Особая папка)
Экз. №...

Комиссия в составе И.Е. Тамма (председатель), М.В. Келдыша, М.А. Леонтовича, А.Д. Сахарова, В.Л. Гинзбурга, Я.Б. Зельдовича и И.М. Халатникова ознакомилась в КБ-11 с теоретическими и экспериментальными работами, ведущимися по изделию 37.

На заседаниях комиссии были заслушаны доклады тт. Сахарова, Зельдовича, Трутнева, Шумаева, Романова, Бабаева, Рабиновича, Гандельмана, Козлова, Александрова В., Феодоритова, Сциборского, Замятнина, Леденева и Тарасова и детально обсуждены проблемы, связанные с работой отдельных узлов изделия 37.

1. Комиссия констатирует, что атомное обжатие, основанное на использовании лучистой теплопроводности, открывает совершенно новые возможности в области атомного оружия. Оно позволит получать симметричное обжатие изделий до таких плотностей, которые в нужных габаритах совершенно не осуществимы с помощью обычного ВВ. Можно рассчитывать, что применение атомного обжатия позволит осуществить рациональные конструкции сверхмощных изделий, а также радикально понизить стоимость изделий меньшей мощности.

Как известно, в системах, использующих обычное ВВ для обжатия, не удается в габаритах РДС-6С получить КПД, превышающий 100% по отношению к урану-235.

В таких системах роль т [ермо]я [дерной] реакции сводится лишь к некоторому усилению эффекта, получающегося за счет деления тяжелого вещества.

Применение атомного обжатия открывает возможность использования термоядерной реакции в качестве основного источника энергоснабжения. В габаритах РДС-6С при этом можно ожидать получения около 2 мегатонн при КПД до 300% по отношению к вложенному в систему

количеству тяжелых активных веществ.

Можно ожидать, что в габаритах, допустимых для авиавариантов (вес 15 т), окажется возможным создать систему, дающую энергоснабжение порядка 10–15 млн тонн с затратой (...) кг тяжелых активных веществ и (...) кг дейтерида лития-6.

Принципиально также возможно осуществление атомного обжатия в габарите РДС-4 с получением мощности около 0,5 мегатонн.

В системе с а [томным] о [бжатием] почти все энергоснабжение происходит за счет термоядерных реакций в дешевом легком продукте Li6D и вызванного этими реакциями деления природного урана.

На основании приведенных расчетов можно заключить, что примерно половина всей энергии выделяется при этом непосредственно в термоядерных реакциях, а другая половина – при делении урана-238 быстрыми нейтронами.

Следует отметить, что благодаря последнему обстоятельству количество радиоактивных продуктов в системах с а [томным] о [бжатием] будет весьма значительным.

2. Действие систем с а [томным] о [бжатием] можно разбить на следующие наиболее существенные стадии:

(...)

Комиссия констатирует следующее состояние работы по расчету перечисленных стадий: (...)

Заключение

Комиссия отмечает, что в КБ-11 и ОПМ7 проделана весьма большая работа по исследованию новых физических принципов, положенных в основу конструкции водородных бомб с атомным обжатием.

Эти исследования показывают возможность создания водородных бомб с большими мощностями в ограниченных габаритах и со значительно меньшими затратами активных веществ по сравнению с затратами в существующих изделиях.

Комиссия считает, что следующим важнейшим этапом в развитии водородного оружия является испытание на полигоне № 2 предложенного КБ-11 опытного устройства.

Выполненные работы подтверждают целесообразность проведения этого испытания в 1955 г.

Комиссия рекомендует уточнить ряд положений дополнительных расчетов и опытами, перечисленными выше.

Председатель комиссии: Тамм И.Е.

Члены комиссии: Гинзбург В.Л.

Зельдович Я.Б.

Келдыш М.В.

Леонтович М.А.

Сахаров А.Д.

Халатников И.М.»

Этот доклад был утвержден специальным решением, утвержденным А.П. Завенягиным 21 июля 1955 г. [39].

Перед началом испытаний ВВ РДС-37 в заключительном письме А.П. Завенягина, начальника Генштаба Советской Армии В.Д. Соколовского, И.В. Курчатова и Ю.Б. Харитона

в Президиум ЦК КПСС с представлением проекта постановления СМ СССР «О проведении испытания изделия РДС» от 5 октября 1955 г., в котором четко описаны особенности и преимущества ВВ РДС-37 [40]:

«В Президиум ЦК КПСС

В соответствии с Постановлением ЦК КПСС от 16 февраля 1955 г. Министерством среднего машиностроения была организована в КБ-11 разработка нового типа водородной бомбы с использованием атомного обжатия на мощность от 1,0 до 2,0 млн тонн.

К 15 октября с.г. в КБ-11 будет изготовлена модель новой водородной бомбы (РДС-37) и во второй половине октября можно будет провести ее испытание на полигоне № 2 Министерства обороны. [...]

Учеными-физиками были тщательно исследованы явления, которые будут иметь место при взрыве этого изделия, произведены большие и весьма сложные расчеты, проведен большой объем экспериментальных работ, и можно рассчитывать на достижение при испытаниях успешных результатов. [...]

Исследования и создание конструкции водородной бомбы с атомным обжатием проводились в КБ-11 под руководством академика Харитона большим коллективом научных работников и инженеров КБ-11; математические расчеты проводились в Математическом институте Академии наук СССР под руководством академика Келдыша, членов-корреспондентов Академии наук Тихонова, Гельфанда и начальника сектора Математического института Семендяева; экспертиза изделия проводилась академиками Курчатовым, Таммом, Леонтовичем, Келдышем, членом-корреспондентом Академии наук Гинзбургом и доктором физико-математических наук Халатниковым, которые единодушно одобрили идею изделия РДС-37 с атомным обжатием и выполненную работу КБ-11 по этому изделию». [...]

Ознакомление с опубликованными правительственными решениями свидетельствует о том, что было одобрено предложение КБ-11 и МСМ о разработке и испытании мощной водородной бомбы без трития, основанной на принципе атомного обжатия. Расчетные исследования немногочисленного коллектива ученых ИФП под руководством Л.Д. Ландау и И.М. Халатникова по различным схемам водородных бомб, основанных на новых физических принципах, внесли серьезный вклад в их совершенствование и выбор оптимальных вариантов. Расчетные работы по ВВ в ИФП практически прекратились после испытания ВВ РДС-37 22 ноября 1955 г.

Заключение

Полигонные испытания ВВ РДС-37 были успешно проведены 22 ноября 1955 г. соответственно. В докладной записке в Президиум ЦК КПСС по результатам испытания РДС-37, подписанной 23 ноября 1955 г. А.П. Завенягиным, М.И. Неделиным, Б.Л. Ванниковым и др. было указано: «Комиссия, утвержденная правительством, определила мощность изделия РДС-37 в 1,7–1,9 миллиона тонн при ожидавшейся по расчетным данным 1–2 млн тонн тротила» [41]. Комиссия также отметила:

«Теперь мы можем создавать более экономичные водородные бомбы, можем увеличить их мощность до десятков миллионов тонн тротила».

В заключительной части сообщения ТАСС «О последних испытаниях термоядерного оружия в Советском Союзе», утвержденным на заседании Президиума ЦК КПСС 2.11.1955 г., указывалось [42]:

«Проводя указанные испытания в интересах своей безопасности, Советский Союз по-прежнему будет добиваться в Организации Объединенных Наций соглашения о запрещении атомного и водородного оружия и о сокращении всех других видов вооружений, о дальнейшем уменьшении международной напряженности и установления доверия между государствами, о поддержании и укреплении всеобщего мира».

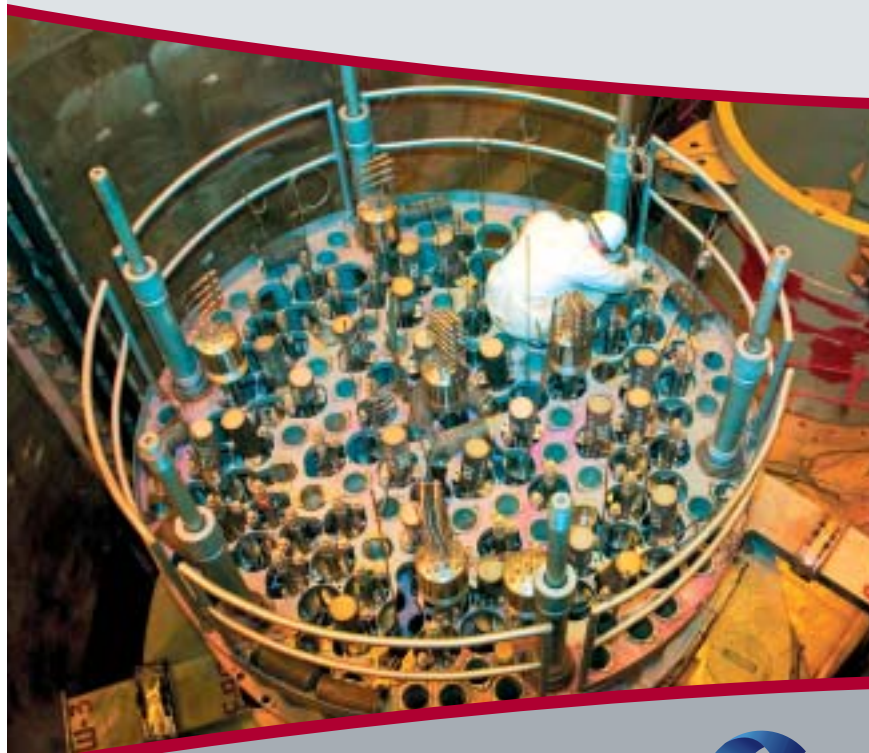
Список литературы. 1. Киселев Г.В. «Участие Л.Д. Ландау в советском Атомном проекте (в документе)» УФН 178947 (2008) [Kiselev G.V., «L.D. Landau in the Soviet Atomic Project: a documentary study» Phys. Usp. 178 (9) 947–990 (2008)]. 2. Халатников И.М. «Дау, Кентавр и другие (Top nonsecret)» (М.: Физматлит, 2008). 3. Гуревич И.И., Зельдович Я.Б., Померанчук И.Я., Харитон Ю.Б. «Использование ядерной энергии легких

элементов» УФН 161171 (1991) [Gurevich I.I., Zel'dovich Ya.B., Pomeranchuk I.Ya., Khariton Yu.B. «Utilization of the nuclear energy of the light elements» Phys. Usp. 341033 (1991)]. 4. Харитон Ю.Б., Адамский В.Б., Смирнов Ю.Н. «О создании советской водородной (термоядерной) бомбы», в Трудях международного симпозиума «Наука общество: история советского Атомного проекта (40–50-е годы)» Дубна 14–18.05.1995 (М.: Издат 1997 т. 1) с. 200–213; УФН 166201–205 (1996) [Khariton Yu.B., Adamskii V.B., Smirnov Yu.N. «On the making of the Soviet hydrogen (thermonuclear) bomb» Phys. Usp. 39185 (1996)]. 5. Гончаров Г.А. «Основные события истории создания водородной бомбы в СССР и США» УФН 1661095–1104 (1996) [Goncharov G.A. «American and Soviet H-bomb development programmes: historic background» Phys. Usp. 391033 (1996)]. 6. Адамский В.Б., Смирнов Ю.Н. «Еще раз о создании советской водородной бомбы» УФН 167899–902 (1997) [Adamskii V.B., Smirnov Yu.N. «Once again of the creation of the Soviet hydrogen bomb» Phys. Usp. 40855 (1997)]. 7. Гончаров Г.А. «К истории создания советской водородной бомбы» УФН 167903–912 (1997) [Goncharov G.A. «On the history of creation of the Soviet H-bomb» Phys. Usp. 40859 (1997)]. 8. Гончаров Г.А. «Необычайный по красоте физический принцип конструирования термоядерных зарядов (к 50-летию со дня испытания первого отечественного двухступенчатого термоядерного заряда РДС-37)» УФН 1751243–1252 (2005) [Goncharov G.A. «The extraordinarily beautiful physical principle of thermonuclear charge design (on the occasion of the 50th anniversary of the test of RDS-37 — the first Soviet two-stage thermonuclear charge)» Phys. Usp. 481187–1196 (2005)]. 9. Андришин И.А., Илькаев Р.И., Чернышев А.К. «Решающий шаг к миру. Водородная бомба с атомным обжатием РДС-37». Саров: ФГУП РФЯЦ ВНИИЭФ, 2010. 10. Тамм И.Е., Сахаров А.Д. и Зельдович Я.Б. «Модель изделия РДС-6С», в сб. Атомный проект СССР. Документы и материалы Т.3 Атомная бомба. 1945–1954, кн. 2, (под общей редакцией Л.Д. Рябева, отв. составитель Г.А. Гончаров) (М.: Физматлит; Саров РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2009) С. 20–29. 11. Распоряжение СМ СССР № 7550-рс/оп от 3 июня 1953 г. о программе испытаний изделий РДС на полигоне № 2 в 1953 г., в сб. Атомный проект СССР. Документы и материалы Т.2 Атомная бомба. 1945–1954, кн. 7, (под общей редакцией Л.Д. Рябева, отв. составитель Г.А. Гончаров) (М.: Физматлит; Саров РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2007) с. 671–673. 12. Курчатов И.В., Харитон Ю.Б., Щелкин К.И., Тамм И.Е., Сахаров А.Д. и др. «Предварительный отчет по испытаниям изделия РДС-6С от 15 августа 1953 г., в сб. Атомный проект СССР. Документы и материалы Т.3 Атомная бомба. 1945–1954, кн. 2, (под общей редакцией Л.Д. Рябева, отв. составитель Г.А. Гончаров) (М.: Физматлит; Саров РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2009) с. 54–61. 13. В.А. Малышев и Б.Л. Ванников Докладная записка Г.М. Маленкову о результатах испытания водородной бомбы РДС-6С от 28–29.08.1953 г., там же, с. 72–79. 14. Сахаров А.Д. Записка В.А. Малышеву и И.В. Курчатову о новой конструкции водородной бомбы от 17.10.1953 г., там же, с. 86–87. 15. Письмо Малышева В.А., Завенягина А.П. и Курчатова И.В. Г.М. Маленкову о разработке мощной водородной бомбы нового типа с приложением проекта постановления СМ СССР от 26.10.1953 г., там же, с. 88–90. 16. Щелкин К.И. Доклад об основных научных результатах испытаний 1953 года на полигоне № 2 и о главных задачах плана КБ-11 на 1954 г., там же, с. 90–96. 17. Зельдович Я.Б., Сахаров А.Д. Харитону Ю.Б. записка «Об использовании изделия для обжатия сверхизделия РДС-6С» от 14.01.1954 г., там же, с. 128–130. 18. Харитон Ю.Б., Зельдович Я.Б., Сахаров А.Д. Пояснительная записка «Водородная бомба с атомным обжатием легкого ядерного горючего» от 2.02.1955 г., там же с. 305–306. 19. Постановление СМ СССР № 2835–1198 сс «О разработке нового типа мощной водородной бомбы» от 20.11.1953 г., там же, с. 98–99. 20. Приказ министра среднего машиностроения В.А. Малышева от 24.11.1953 г. № 334 сс/оп, там же с. 99–100. 21. Записка Харитона Ю.Б. и Сахарова А.Д. Малышеву В.А. от 26 января 1954 г. «О перспективных работах по водородному оружию больших мощностей», там же, с. 134–135. 22. Биографические сведения И.М. Халатникова, там же, с. 374. 23. Протокол заседания Технического совета КБ-11 от 3 марта 1954 г., там же, с. 140–142. 24. Заключение комиссии по результатам приближенных расчетов эффективности изделия РДС-6СД от 17 марта 1954 г., там же, с. 149–151. 25. Письмо Малышева В.А., Ванникова Б.Л., Курчатова И.В. и Харитона Ю.Б. в Президиум ЦК КПСС с представлением проекта постановления СМ СССР о плане научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ КБ-11 на 1954 год от 22.3.1954 г., там же, с. 153–155. 26. Постановление СМ СССР № 525–230 сс/оп «О плане научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ КБ-11 на 1954 год» от 26.3.1954 г., там же, с. 156–153. 27. Приказ Министра среднего машиностроения № 303 сс/оп от 30.3.1954 г., там же, с. 160–162. 28. Письмо Ванникова Б.Л. Харитону Ю.Б. по рассмотрению предложения И.М. Халатникова и С.П. Дьякова от 12.4.1954 г., там же, с. 174. 29. Отзыв Харитона Ю.Б., Сахарова А.Д. и Зельдовича Я.Б. на предложение сотрудников Института физических проблем И.М. Халатникова и С.П. Дьякова о возможности использования размножения быстрых нейтронов на бериллии в системах, состоящих из дейтерида лития-6 и бериллия от 15 мая 1954 г., там же, с. 186. 30. Александров А.С., Харитон Ю.Б., Сахаров А.Д., Зельдович Я.Б. Малышеву В.А. о возможности создания водородных бомб на основе атомного обжатия и о производстве лития-6 от 24 июня 1954 г., там же, с. 189–191. 31. Протокол технического совещания в КБ-11 от 16–17 июля 1954 г., там же, с. 195–216. 32. Протокол совещания при министре среднего машиностроения от 6 сентября 1954 г., там же, с. 256–257. 33. Протокол расширенного заседания НТС КБ-11 от 24–25 декабря 1954 г., там же, с. 290–295. 34. Письмо Александрова А.С., Харитона Ю.Б., Зернова П.М. с представлением проекта постановления о разработке водородного оружия на принципе атомного обжатия (АО) с приложениями от 1–2.02.1955 г., там же, с. 305–307. 35. Записка В.А. Малышева в Президиум ЦК КПСС с представлением проекта постановления СМ СССР о разработке водородной бомбы на новом физическом принципе от 9 февраля 1955 г., там же, с. 308–310. 36. Постановление Президиума ЦК КПСС от 16.02.1955 г., там же, с. 310–311. 37. Решение совещания при министре среднего машиностроения по вопросам КБ-11 от 31 мая 1955 г., там же, с. 364–366. 38. Доклад комиссии по рассмотрению физических принципов атомного обжатия и расчетов опытного устройства РДС-37, там же, с. 371–374. 39. Решение А.П. Завенягина по докладу комиссии по рассмотрению физических принципов атомного обжатия и расчетов опытного устройства РДС-37 от 21.07.1955 г., там же, с. 383–384. 40. Письмо А.П. Завенягина, В.Д. Соколовского, И.В. Курчатова и Ю.Б. Харитона в Президиум ЦК КПСС с представлением проекта постановления СМ СССР «О проведении испытаний изделий РДС» от 5.10.1955 г., там же, с. 394–397. 41. А.П. Завенягин, М.И. Неделин, Б.Л. Ванников, И.В. Курчатов и др. «В Президиум ЦК КПСС» от 23 ноября 1955 г., там же, с. 423–424. 42. Сообщение ТАСС «О последних испытаниях термоядерного оружия в Советском Союзе», утвержденным на заседании Президиума ЦК КПСС 2.11.1955 г., там же, с. 426.

в рамках 7-го Международного Ядерного Форума



XII Международная специализированная выставка
АТОМНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ
18–20 сентября 2012 **Санкт-Петербург**



Организаторы



АТОМЭКСПО



ВЫСТАВОЧНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ
РЕСТЭК

Тел./Факс: (812) 320-80-91 E-mail: forumtek@restec.ru

www.forumtek.ru



ПЕТЕРБУРГСКАЯ ТЕХНИЧЕСКАЯ ЯРМАРКА

Санкт-Петербург, Ленэкспо

13–15 марта 2012



ПРОМЫШЛЕННЫЕ ВЫСТАВКИ



ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ КОНГРЕСС

VI САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПАРТНЕРИАТ

БИРЖА ДЕЛОВЫХ КОНТАКТОВ

КОНКУРС ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ



ОРГАНИЗАТОР

ВЫСТАВОЧНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ



Специализированные выставки

- Металлургия. Литейное дело
- Машиностроение
- Обработка металлов
- Высокие технологии. Инновации. Инвестиции (Hi-Tech)

NEW!

- Крепеж
- Неметаллические материалы для промышленности
- Услуги для промышленных предприятий

www.ptfair.ru

Тел.: (812) 320-80-92 E-mail: autopr@restec.ru

Эпоха шаттлов



Д.И.Мант,
Санкт-Петербург, выпускник Высшего
Военно-морского училища инженеров
оружия, член-корреспондент МАЭБ, автор
книг «Космос день за днем»

Проект «Спейс шаттл» (англ. Space Shuttle — космический челнок) — создание пилотируемого транспортного космического корабля многоразового использования (МТКК) — положил начало новому этапу космических полетов. В отличие от дорогостоящего космического комплекса «Аполлон» — «Сатурн», разработка которого во многом определялась соображениями престижного характера, «Спейс Шаттл» создавался с учетом требований экономичности проведения космических операций.

Общая продолжительность программы составила 39 лет, и сейчас шаттлы считаются основным достижением американской пилотируемой космонавтики. В NASA говорят, что основными заслугами космических челноков стали их безопасность, пригодность к частым полетам и сравнительно невысокая стоимость. Но со временем понятие невысокой стоимости шаттлов претерпело значительные изменения. Если первый челнок полетел всего за \$20 млн (в ценах начала 1980-х гг.), то сейчас стоимость одного полета в среднем составляет \$1,6 млрд. По данным NASA общие расходы на программу в сегодняшних деньгах составили \$209 млрд (без учета последнего полета шаттла «Атлантис»).

В середине XX в. С. П. Королев и Вернер фон Браун заложили инженерные решения, позволившие проложить дорогу в Космос. Благодаря запуску первого спутника Земли, лунной программе С. П. Королева, полету Юрия Гагарина, экспедиции «Аполлона» к Луне, работам орбитальных станций «Мир» и «МКС» собирается эмпирический материал для познания физических процессов за пределами Земли. Проект «Спейс шаттл» явился очередным этапом в освоении человеком космического пространства.

Ретроспективный анализ 30-летнего американского проекта «Спейс шаттл» подтверждает его стратегический характер. Главной стратегической целью проекта являлась отработка технологии создания в космическом пространстве Солнечной системы сложных конструкций — долговременных космических станций. Руководителем американской лунной программы являлся Вернер фон Браун, обладавший стратегическим мышлением в областях космонавтики и ракетной техники. В программе «Спейс шаттл» использовано немало его идей и проектов.

Американцы внимательно присматривались к советским орбитальным станциям «Салют». После запуска станции «Мир» в 1986 г. были проведены первые эксперименты. За период

функционирования станции «Мир», состоявшей из 6 модулей, шаттлы стыковались 9 раз (почти каждый третий полет). К 1986 г. стартовал 61 шаттл. К началу сборки МКС (20 ноября 1998 г.) стартовало уже 87 шаттлов. Всего до окончания своих полетов шаттлы стыковались с МКС 37 раз. К моменту окончания полетов шаттлов (июль 2011 г.) МКС состояла из 26 модулей, из которых 16–18 были американскими или созданными с их участием.

1	20.11.1998	модуль Заря МКС	Россия
2	04.12.1998	модуль Юнити МКС	США
3	04.12.1998	модуль РМА-1 МКС	США
4	04.12.1998	модуль РМА-2 МКС	США
5	12.07.2000	модуль Звезда МКС	Россия
6	11.10.2000	модуль Z1 МКС	США
7	11.10.2000	модуль РМА-3 МКС	США
8	01.12.2000	модуль Р6 МКС	США
9	07.02.2001	модуль «Дестини» МКС	США
10	12.07.2001	модуль Квест МКС	США
11	08.04.2002	модуль S0 МКС	США
12	07.10.2002	модуль S1 МКС	США
13	09.09.2006	модуль P3/P4 МКС	США
14	10.12.2006	модуль P5 МКС	США
15	08.06.2007	модуль S3/S4 МКС	США
16	08.06.2007	модуль S5 МКС	США
17	23.10.2007	модуль Гармония МКС	США
18	07.02.2008	модуль Колумб МКС	США
19	11.03.2008	модуль JEM ELM-PS МКС	Япония
20	31.05.2008	модуль JEM PM МКС	Япония
21	15.03.2009	модуль S6 МКС	США
22	10.11.2009	модуль Поиск МКС	Россия
23	08.02.2010	модуль Спокойствие МКС	
24	08.02.2010	модуль Купол МКС	ЕКА
25	14.05.2010	модуль Рассвет МКС	Россия

В основном это модули конструкции ферм и гермоводы различных типов. К этому необходимо добавить канадские манипуляторы. Если в период функционирования станции «Мир» только один из трех стартовавших шаттлов стыковался с орбитальной станцией, то в период функционирования МКС с ней стыковался почти каждый стартовавший шаттл. По-видимому, по своим техническим данным станция «Мир» не совсем подходила американцам для осуществления своего проекта, и поэтому, используя экономические трудности России, они настойчиво добивались уничтожения станции «Мир» и строительства новой МКС.

Проводить серьезные исследования физики космоса Солнечной системы и Вселенной на МКС американцы не планировали. Физику Солнечной системы они изучают в рамках про-



Рис.1 Шаттл «Атлантис» [www.WalkInSpace.ru]



Рис.2 Шаттл «Атлантис» на стартовой позиции [www.WalkInSpace.ru]

граммы «Дискавери» с помощью АМС, физику Вселенной — с помощью орбитальных астрономических обсерваторий («Хаббл», «Vise» и др.) Научный модуль «Дестини», установленный на американском сегменте МКС в 2001 г., был создан ещё в 1974 г. для орбитальной станции (ОС) «Скайлэб». А с окончанием программы «Спейс шаттл» в июле 2011 г. этот вопрос был закрыт.

20 ноября 1998 г. Россия запустила базовый блок МКС «Заря», а уже 4 декабря 1998 г. стартовал шаттл «Эндеavour». Повторюсь, что стратегической целью проекта «Спейс-шаттл» была отработка на МКС технологии создания в космосе сложных конструкций для подготовки к созданию на околопланетных орбитах (Луна, Марс и т.д.) долговременных космических станций, которые



Рис.3 Последний 33-й полет «Атланти-са», 135-й последний полет шаттла [www.WalkInSpace.ru]

и жестко контролирует качество выполнения заказов. Созданные фирмами ноу-хау используются ими же в гражданском производстве. За 35 лет работы над проектом «Спейс шаттл» проект давно себя окупил.

Всего было изготовлено 6 шаттлов. «Enterprise» не летал и фактически представлял собой технологический макет. «Challenger» потерпел катастрофу при старте 28 января 1985 г. «Columbia» потерпел катастрофу при посадке 2 февраля 2003 г. «Discovery» совершил последний полет 24 февраля 2011 г., «Endeavour» – 16 мая 2011 г., «Atlantis» – 8 июля 2011 г.

КК	Кол.	Дата первого старта
Enterprise		
Columbia	28	12.04.1981
Challenger	10	04.04.1983
Discovery	39	30.08.1984
Atlantis	32	03.10.1985
Endeavour	25	07.05.1992

Всего за 50 лет (с момента полета Юрия Гагарина до 8 июля 2011 г.) был совершен 281 старт пилотируемых КК. В СССР/России – 122 («Восток», «Восход», «Союз»). В США – 155 («Меркурий», «Джемини», «Аполлон» (без учета лунных экспедиций), шаттл). В Китае – 4 («Ченьжоу»).

10 июля 2011 г. «Атлантис» благополучно состыковался с МКС.

12 июля 2011 г. астронавты М. Фоссум и Р. Гаран перенесли модуль RRM из грузового отсека шаттла «Атлантис» на временную платформу робота «Декстр». «Роботизированный модуль заправки RRM продемонстрирует робота обслуживания техники и заложит основу для будущих

можно было бы использовать для промежуточных остановок космических кораблей перед посадкой на планету. Переложив на Россию основные организационные, финансовые, кадровые, научно-технические и транспортные проблемы обеспечения функционирования МКС, свой научно-технический потенциал американцы направили на реализацию программы «Дискавери»:

Наименование	AMC	Старт	Окончание
Discovery-1	NEAR	02.1996	01.03.2001
Discovery-2	Mars Pathfinder	04.12.1996	27.09.1997
Discovery-3	Lunar Prospector	07.01.1998	31.07.1999
Discovery-4	Stardust	07.02.1999	15.01.2006
Discovery-5	Genesis	08.08.2001	08.09.2004
Discovery-6	CONTOUR	03.07.2002	15.08.2002
Discovery-7	MESSENGER	03.08.2004	
Discovery-8	Deep Impact	12.01.2005	04.07.2005
Discovery-9	Dawn	27.09.2007	
Discovery-10	Kepler	07.03.2009	
Discovery-11	GRAIL	08.09.2011	

Версию автора о том, что после окончания полетов шаттлов МКС не будет нужна ни NASA, ни Роскосмосу, подтверждает острая дискуссия, развернувшаяся после аварии ракеты-носителя «Союз-У» 24 августа 2011 г. с ГКК «Прогресс». К МКС остались пристыкованными два КК «Союз» («Союз ТМА-21» и «Союз ТМА –02 М»), угрозы жизни космонавтов нет, но над самой МКС нависла угроза её существования: «Роскосмос не исключает возможности отказа от постоянно обитаемых космических станций в пользу долговременных посещаемых станций», заявил замглавы агентства Виталий Давыдов [Новости космонавтики 31.08.2011 г.]. «Может быть, в будущем не потребуются непрерывного присутствия космонавтов на околоземной орбите. Мы не исключаем возможности возвращения к идеологии ДОСов, которые у нас были до орбитальных станций, которые сейчас обеспечивают непрерывное присутствие человека. Может быть, к ДОСам (долговременным орбитальным станциям), посещаемым станциям, необходимо будет вернуться».

Подобное развитие событий подтверждают и комментарии Б.Е. Чертока: «Монополия России в сфере пилотируемых космических полетов будет длиться не более пяти-шести лет, до того момента, когда США создадут новый корабль «Орион», а Китай обзаведется надежными ракетами и кораблями» [РИА Новости]. В сфере научных беспилотных космических проектов, касающихся исследований Солнечной системы, Земли, в космических астрофизических проектах США остаются неоспоримым лидером.

На лунную программу США было затрачено около \$25 млрд долл., но потребительская выгода от использования новых технологий, созданных в ходе этого космического проекта, превысила затраты в несколько раз. Такова экономическая сторона развития космонавтики. Это, вероятно, объясняется еще и тем, что в США около 80% продукции ракетно-космического комплекса создается частным сектором. НАСА выдает ТЗ

миссий» – NASA, 6 августа 2011 г.

В июле 2011 г. шаттл «Атлантис» доставил на МКС грузовой модуль «Рафаэлло» (с 4,3 т различных грузов, в том числе, 1,2 т продуктов), который был пристыкован к станции с помощью манипулятора «Канадарм-2». Многоцелевой модуль материально-технического снабжения (Multi-Purpose Logistics Module – MPLM) предназначен для транспортировки грузов на МКС и возвращения на Землю отработанных материалов.

«Рафаэлло» – один из трех модулей, изготовленных итальянской по заказу NASA итальянским космическим агентством (ИКА). После разгрузки модуля и загрузки его отходами модуль «Рафаэлло» был помещен в грузовой отсек шаттла для возвращения его обратно на Землю.

С. Волков и А. Борисенко, используя научную аппаратуру «Бар», обследовали труднодоступные места в обшивке станции. Научная аппаратура «Бар» позволяет космонавтам получать информацию о режиме в любом уголке МКС. Признаки истечения воздуха из модулей МКС выявляются по аномалии параметров (температуры, влажности, давления и пр.) при сравнении результатов измерений в зонах возможной утечки с зарегистрированными ранее данными.

Для экспериментов с солнечными батареями из грузового отсека шаттла «Атлантис» был выпущен на орбиту спутник «PicoSat». Основной целью работы спутника является сбор данных о новых технологиях использования солнечных батарей в космосе. Космический аппарат весит 3,6 кг, его размер – 12 на 12 на 25 см. 21 июля 2011 г. шаттл «Atlantis» вернулся на Землю.

Одной из основных задач проекта «Спейс шаттл» являлось выведение, обслуживание и снятие с околоземной орбиты (300–400 км) космических аппаратов с целью значительного снижения затрат на эти операции. И хотя ожидаемого экономического эффекта достигнуто не было, технология работ с КА была отработана квалифицированно. Примером тому является запуск



Рис. 4 Экипаж КК «Atlantis» (33-й полет): С. ХМагнун, К. Дж. Фергусон, Р. Дж. Уолхейм, Д. Дж. Хёрли [www.WalkInSpace.ru]



Рис.5 Стыковка шаттла с МКС, 23 мая 2010 г. [www.WalkInSpace.ru]

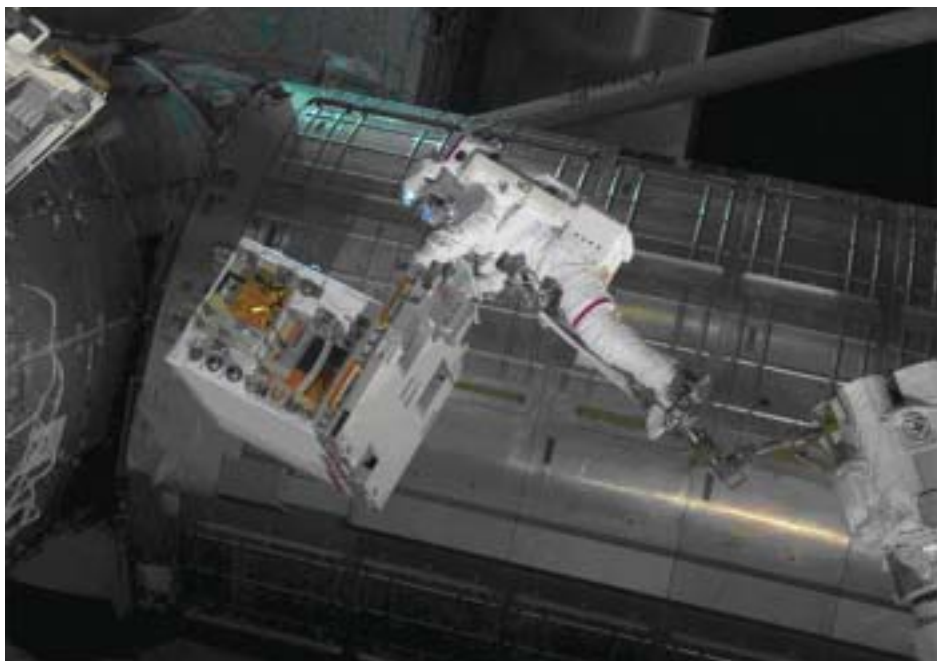


Рис. 6 Установка модуля RRM на временную платформу [NASA]

и обслуживание телескопа «Хаббл». Орбитальная астрономическая обсерватория «Хаббл» была выведена на орбиту 24 апреля 1990 г. с шаттла «Дискавери». Почти все шаттлы участвовали в обслуживании и ремонтах телескопа «Хаббл». Всего были осуществлено пять экспедиций по обслуживанию телескопа «Хаббл».

Миссия шаттла «Индевор» STS-61 в декабре 1993 г. заключалась в установке корректирующей оптики для компенсации дефекта зеркала телескопа. Работы продолжались в течение десяти дней. В течение этой экспедиции было осуществлено пять длительных выходов в открытый космос. Последнее техобслуживание «Хаббла» было произведено в мае 2009 г. в рамках миссии «Атлантис» STS-125. Были заменены все гироскопы, один датчик точного наведения, установлены новые аккумуляторы, блок форматирования данных, произведена починка теплоизоляции, восстановлена работоспособность обзорной камеры и регистрирующего спектрографа, установлены новые приборы.

Во время последних полетов шаттлов и,

особенно, в период «большого сбора на орбите» (февраль 2011 г.) были осуществлены все технологические операции (подлет, стыковка, работа с манипуляторами, разгрузка и установка модулей, запуск ИСЗ и т.д.), запланированные при разработке проекта.

Решение о прекращении работ, вероятно, было связано с выполнением поставленных задач и необходимостью перехода к новым проектам. Для осуществления пилотируемых стартов в будущем прорабатываются возможности использования ракеты-носителя «Atlas 5».

Итоги программы «Space Shuttle»

Статистические итоги программы «Space Shuttle», завершившейся 21 июля 2011 г., были опубликованы на ленте «Новостей космонавтики» 22 июля 2011 г. Вот некоторые из них:

Флот шаттлов насчитывал пять орбитальных ступеней: OV-099 (Orbiter Vehicle – 099) «Challenger», OV-102 «Columbia», OV-103 «Discovery», OV-104 «Atlantis» и OV-105 «Endeavour».



Рис.7 Работа в открытом космосе [www.WalkInSpace.ru]



Рис.8 Космонавты «Атлантис» за техобслуживание МКС [www.WalkInSpace.ru]



Рис.9 Отстыковка шаттла «Атлантис» от МКС



Рис.10 «Атлантис» и «Дискавери» [NASA]

Кроме них были изготовлены еще два «челнока»: OV-098 «Pathfinder» – для наземных тренировок астронавтов и OV-101 «Enterprise» – для полетов в атмосфере.

За 30 лет эксплуатации корабли много-разового использования отправлялись в космос 135 раз. Все запуски были осуществлены из Космического центра им. Дж. Кеннеди на мысе Канаверал со стартовых комплексов LC-39A и LC-39B. Чаще всего использовался «Discovery» – 39 полетов. На втором месте «Atlantis» – 33 полета, на тре-

тьем «Columbia» – 28 полетов, на четвертом «Endeavour» – 25 полетов. «Challenger» совершил 10 полетов. Общий налет орбитальных ступеней составил 1330 дней 16 час 17 минут 45 секунд, в том числе: OV-103 «Discovery» – 364 дня 22 часа 26 минут 42 секунды;

OV-104 «Atlantis2» – 306 дня 12 часов 56 минут 33 секунд;

OV-102 «Columbia» (включая длительность аварийного полета) – 300 дней 17 часов 40 минут 20 секунд;

Полеты шаттла «Атлантис»

	Старт	Приземление
Последний старт шаттла STS-51J	03.10.1985 KSC LC-39A	07.10.1985 EAFB 23
STS-61B	27.11.1985 KSC LC-39A	03.12.1985 EAFB 22
STS-27	02.12.1988 KSC LC-39B	06.12.1988 EAFB 17
STS-30	04.05.1989 KSC LC-39B	08.05.1989 EAFB 22
STS-34	18.10.1989 KSC LC-39B	23.10.1989 EAFB 23
STS-36	28.02.1990 KSC LC-39A	04.03.1990 EAFB 23
STS-38	15.11.1990 KSC LC-39A	20.11.1990 KSC SLF33
STS-37	05.04.1991 KSC LC-39B	11.04.1991 EAFB 33
STS-43	02.08.1991 KSC LC-39A	11.08.1991 KSC SLF15
STS-44	24.11.1991 KSC LC-39A	01.12.1991 EAFB 05
STS-45	24.03.1992 KSC LC-39A	02.04.1992 KSC SLF33
STS-46	31.07.1992 KSC LC-39B	08.08.1992 KSC SLF33
STS-66	03.11.1994 KSC LC-39B	14.11.1994 EAFB 22
STS-71	27.06.1995 KSC LC-39A	07.07.1995 KSC SLF15
STS-74	12.11.1995 KSC LC-39A	20.11.1995 KSC SLF33
STS-76	22.03.1996 KSC LC-39B	31.03.1996 EAFB 22
STS-79	16.09.1996 KSC LC-39A	26.09.1996 KSC SLF15
STS-81	12.01.1997 KSC LC-39B	22.01.1997 KSC SLF33
STS-84	15.05.1997 KSC LC-39A	24.05.1997 KSC SLF33
STS-86	26.09.1997 KSC LC-39A	06.10.1997 KSC SLF15
STS-101	19.05.2000 KSC LC-39A	29.05.2000 KSC SLF15
STS-106	08.09.2000 KSC LC-39B	20.09.2000 KSC SLF15
STS-98	07.02.2001 KSC LC-39A	20.02.2001 EAFB 22
STS-104	12.07.2001 KSC LC-39B	25.07.2001 KSC SLF15
STS-110	08.04.2002 KSC LC-39B	19.04.2002 KSC SLF33
STS-112	07.10.2002 KSC LC-39B	18.10.2002 KSC SLF33
STS-115	09.09.2006 KSC LC-39B	21.09.2006 KSC SLF33
STS-117	08.06.2007 KSC LC-39A	22.06.2007 EAFB 22
STS-122	07.02.2008 KSC LC-39A	20.02.2008 KSC SLF15
STS-125	11.05.2009 KSC LC-39A	24.05.2009 EAFB 22
STS-129	16.11.2009 KSC LC-39A	27.11.2009 KSC SLF33
STS-132	14.05.2010 KSC LC-39A	26.05.2010 KSC SLF33
STS-135	08.07.2011	21.07.2011

OV-105 «Endeavour» – 296 дней 3 часа 17 минут 53 секунды;

OV-099 «Challenger» (включая длительность аварийного полета) – 62 дня 7 часов 56 минут 17 секунд.

Самой продолжительной экспедицией на орбиту стал 21-й полет «Columbia» (STS-80) в 1996 г. – 17 суток 15 часов 53 минуты 19 секунд, а самой «короткой» – 2-й испытательный рейс той же орбитальной ступени (STS-2) в 1981 г. – 2 суток 6 часов 13 минут 11 секунд. За годы эксплуатации шаттлов на околоземную орбиту были доставлены 180 объектов, включая спутники и компоненты Международной космической станции. На Землю с орбиты были возвращены 53 объекта. Общая масса грузов, доставленных шаттлами на околоземную орбиту, превышает 1600 т. Помимо автономных полетов шаттлы девять раз стыковались с российским орбитальным комплексом «Мир» и 37 раз – с Международной космической станцией.

Из космоса на Землю шаттлы возвращались 133 раза. Два полета были аварийными:

– 28 января 1986 г. шаттл «Challenger» взорвался на 74 секунде полета;

– 1 февраля 2003 г. шаттл «Columbia» развалился на куски в земной атмосфере при заходе на посадку. Эти две катастрофы унесли жизни 14 астронавтов.

78 раз шаттлы садились на мысе Канаверал; 54 раза – на Базе ВВС США «Эдвардс» (шт. Калифорния); один раз – на полигоне «Уайт-Сэндс» (шт. Нью-Мексико).

На кораблях многоразового использования совершили полеты 355 человек из 16 стран. Чаще других на шаттлах летали американцы Джерри Росс и Франклин Чанг-Диас – по семь раз. Девятнадцать человек совершили по пять полетов, 49 – по четыре полета, 62 – по три полета, 98 – по два полета, 117 – по одному полету. Для 329 человек полеты на кораблях многоразового использования стали первыми в их космической карьере.

По гражданству статистика полетов на шаттлах следующая: США – 293 человека (755 человеко-полетов); Россия – 20 (32); Франция – 7 (10); ФРГ – 7 (10); Япония – 7 (13); Канада – 7 (13); Италия – 5 (6); Швейцария – 1 (4); Испания – 1 (1), Швеция – 1 (2); Нидерланды – 1 (1); Бельгия – 1 (1); Саудовская Аравия – 1 (1); Украина – 1 (1); Израиль – 1 (1); Мексика – 1 (1). Из 355 космонавтов, летавших на шаттлах, 308 мужчин, 47 – женщин. Больше всего в космосе побывало американок – 42. Полеты также совершили две канадки, две японки и одна россиянка (Елена Кондакова).

Общая стоимость программы «Space Shuttle» составила более \$210 млрд долл. (в ценах 2010 г.).

Заключение

Основной целью проекта «Спейс шаттл» являлась отработка космической транспортной системы, обеспечивающей создание на орбитах планет Солнечной системы долговременных космических станций. Первые спутники летали вокруг Земли. Через 50 лет почти все планеты Солнечной системы имеют спутники, созданные человеком.

Материализация идеи создания ракетного самолета, способного летать в атмосфере и за её пределы, началась в 1930-х гг. Это и ракетоплан РП-318 С.П. Королева, и ракетный перехватчик «Мессершмит 263» в Германии (1944 г.). В ноябре 1944 г. фирма Bell (США) получила контракт на строительство двух экспериментальных ракетопланов XS-1 (Experimental Supersonic-1), одного для НАСА, другого для ВВС по проекту «X-1», который постепенно эволюционировал в проект «Спейс шаттл».

С 1981 г. начался период теснейшего сотрудничества космических индустрий СССР/России и США. За прошедшие 30 лет были решены сложнейшие инженерные задачи по проектированию, строительству, эксплуатации и модернизации космических комплексов КК «Союз» – «Мир» и МКС – «Спейс шаттл». К решению сложнейших инженерных проблем подключился целый ряд развитых стран.

Для скептиков, считающих затраты на развитие космических программ делом ненужным и бесперспективным, хочу напомнить слова академика М.В. Келдыша: «Непосредственное проникновение в космос оказывает огромное влияние на мировоззрение и психологию современного человека, на общественную жизнь. Человек перестал чувствовать себя ограниченным пределами нашей планеты. Выйдя в космическое пространство, он получил возможность взглянуть на Землю как бы со стороны. Принципиальная возможность достижения других планет, иных миров расширила сферу нашего мышления, внесла в него значительные изменения. Основываясь на историческом опыте, можно утверждать, что, подобно другим крупнейшим свершениям человечества, последствия выхода в космос многократно превзойдут в отдаленной перспективе сегодняшней непосредственный эффект и окажут глубочайшее воздействие на весь последующий ход эволюции нашей цивилизации».

Космос консолидировал Человечество на пути во Вселенную. Те, кто вместе работает в космосе, вряд ли будут конфликтовать на Земле.

Комментарии читателей сайта www.proatom.ru



Статья тенденциозна. Автор явно не увидел радующих перемен - восстановлена и действует православная церковь на территории ИТЭФ. В этом году запланирована очистка каскада прудов. Не все так плохо.



А икона Св.Пу-Второзванного ещё не мироточит? Вот на родине подобного старца Сергия (Кириенко), на нижегородчине уже вовсю мироточит, просто льётся святое миро и льётся. <http://www.fotiniya.com/> [www.fotiniya.com] Чудо и есть! Не все так плохо, согласен.



Там где процессом руководят бизнесмены от науки - науки, как таковой, нет, но жизнь теплится (банкеты после псевдозащит и пр.), а там, где старцы - ни того, ни другого.



Я одного не пойму, создали этот НИЦ «Курчатовский институт», куда «втащили» ряд крупных институтов. Гатчинский ПИЯФ, да у них вот-вот должен запуститься ПИК на 100 МВт и, конечно, им есть, чем заниматься с такой мощной установкой. ИФВЭ - действующий У-70 и остатки мощной советской экспериментальной базы, все-таки и Логунов, и Герштейн, и директор Тюрин местные, из Протвино. ИТЭФ, конечно, мощный институт был, с историей, но шансов выжить у него в таком районе недалеко от центра Москвы нет. Почему Ковальчук туда какого-то «эффективного» поставил рулить? Почему НТС, Ученый совет так лояльно отнеслись к этому назначенцу? Написали бы заявления об уходе, в конце концов. Ковальчуку нужно ИТЭФ куда-нибудь упаковать компактно, а территорию и здания передать другому «эффективному». Старшему брату, например. Это планировал сделать Кириенко руками своего управделами личного эффективного гинеколога А.Силкина. Что-то у Силкина не срослось. Конкретная программа деятельности ИТЭФ в рамках НИЦ существует вообще? А про командировки - это мелочь. Воевать с эффективным бесполезно, себе в убыток. Лучше их просто не замечать и заниматься своим делом, если таковое имеется. В центре Москвы ещё два таких кандидата: ГИРЕДМЕТ и НИФХИ им.Карпова, тоже с предельно «эффективными».



Согласен. Надо быть выше суеты этих эфманеров, их время все равно пройдет. Ничего они не сделают для науки, сдохнут и не вспомнит о них никто. А посему нужно «... заниматься своим делом, если таковое имеется». Во все «смутные» времена так было.



Достаточно посмотреть, где находится ИТЭФ: «Институт занимает часть бывшей усадьбы «Черёмушки-Знаменское» — памятника архитектуры и садово-паркового искусства XVIII—XIX веков», чтобы понять, что он не жилец. Элитное место, жирная земля... Там же планировали «кукурузину» ГК «Ростатом» а ля «Газпром» (или «АРЕВА») забабхать...



Коллеги! Зачем нужна большая ЯЭ, если в России полно газа!? Любая ГТУ по эффективности перекроет все планируемые ВВЭР-СКД, и все гребаные ЗАЯТЦ. Наше счастье - огромное Васюганское воспроизводящее болото. Это болото перекроет все потребности в энергетике РФ и Европы!!! Нам это болото нужно охранять и беречь! Мозги свои давайте перекинем от теории нейтронных сечений к практическим задачам!



Ситуация такая же, как и во всех организациях киндеровского Росатома. Верхи окончательно обнаглели - напрочь отказываются от любых контактов с сотрудниками, обзавелись собственным окружением, с которым и общаются. Остальные для них - быдло. Постоянно намекают на слишком большую зарплату и невыполнение их повышенных требований. Награждают сья и приближенных дурачками выдуманными ведомственными наградами. Словом, налицо полная деградация системы - подобно краху древнего Рима.



Ученым надо начать приходить на работу вовремя и работать, тогда и результаты появятся и новые технологии, и новые прибавки к зарплате, не зависящие от эффективных менеджеров. Если не можешь потребовать от финансиста институтского расчета по своей лаборатории - какой же ты физик или химик?

Похоже, с ИТЭФом все кончено...

Прежде чем поговорить о том, что творится сегодня в стенах Института Теоретической и Экспериментальной Физики в Москве мне бы хотелось поделиться с читателями следующим своим опытом. В прошлом году, предвидя надвигающуюся на ИТЭФ угрозу, я посетил различные ведущие научные центры и ВУЗы Москвы с двоякой целью. С одной стороны — посмотреть, как в них устроена научно-образовательная деятельность, а с другой — поисследовать возможность будущего трудоустройства. Здесь я бы хотел поделиться некоторыми своими впечатлениями.

Во-первых, грубо все научные заведения можно разделить на две категории: те немногие, в руководстве которых принимают участие активные ученые и те, где управление свелось к так называемому «эффективному менеджменту». Далее речь пойдет только о вторых. Сразу оговорюсь, что ни какие инновационные конторы — ООО-шки, или псевдонаучные новообразования типа «Сколково» здесь не рассматриваются. Я ограничился лишь заведениями, призванными заниматься фундаментальными науками и, следовательно, не приносящими непосредственный доход в карман государству. Во всем мире такие научные заведения содержатся по большей части на бюджетные средства.

Итак, типичный директор крупного научного центра или ВУЗа, будучи «эффективным менеджером» в первую очередь старается изолировать себя от научной общественности, а саму научную общественность от руководства своего научного заведения. С этой целью он набирает штат новых сотрудников в ранге помощников, референтов, советников и т.д. Этот штат составляет как бы противовес научному сообществу, не только по своей «приближенности» к рулю, но и по своему социальному статусу. Типичный пример Московского ВУЗа: преподающий полный профессор доктор наук с максимальным окладом в 15 тыс рублей и место советника директора со стартовым окладом в 70 тыс. При этом, образование или опыт для должности такого советника не играют никакой роли. Гораздо важнее — связь.

Нетрудно понять, что при таком «эффективном менеджменте» из ВУЗа вымываются преподаватели и ученые в самом активном рабочем возрасте. Остаются работать на кафедрах только молодые, с целью защиты диссертации, и пенсионеры, пенсия которых позволяет еще продолжать свою преподавательскую деятельность. Ученые и преподаватели в возрасте от 30 до 65 лет практически отсутствуют в такой системе, как класс. Еще одно следствие — полное отставание информированности о том, что происходит в современной науке. Уровень знаний молодых ученых, окончивших сегодня ведущие ВУЗы страны, с которыми мне приходилось общаться по работе, отстает как минимум лет на десять от проблематики и инструментария переднего края мировой науки. В одном из ВУЗов я предложил частично решить эту проблему, организовав мощную группу ученых и преподавателей из ИТЭФ активно работающих на переднем крае науки. Ответ, который я получил, даже у меня вызвал восторг: такую группу можно было трудоустроить в этот ВУЗ, только если с ней перейдет ВУЗу часть материальных ценностей, здания или дополнительная территория. Эффективный менеджмент в действии! Я не удивлюсь, что после

периода времени, когда у нас не взлетают ракеты, наступит время, когда будут один за другим выходить из строя атомные станции.

В ИТЭФ даже такая тупиковая система «эффективного менеджмента» приобрела наиболее уродливый характер. Общая картина складывается из мелких деталей, о которых я и хотел рассказать здесь.

Новый директор ИТЭФ с багажом в несколько опубликованных много лет назад научных статей берет на себя смелость порулить учеными с мировым именем, индекс Хирша, которых часто превышает этот индекс цитирования работ лауреатов Нобелевской премии, и ученых, которые входят в состав многих международных координационных комитетов по научной политике.

Как и полагается по сценарию, новый директор ИТЭФ окружил себя новыми, не имеющими к науке никакого отношения помощниками, референтами и советниками. Если ранее научную политику института определял НТС, то теперь его роль свелась к нулю, а сам директор наотрез отказался от встреч с членами Научно Технического Совета.

Современная наука интернациональна и подразумевает постоянные контакты ученых, работающих в различных ведущих мировых научных центрах. Чтобы придушить «бесполезные» занятия научной деятельностью в ИТЭФ сначала было введено строгое ограничение допуска любых иностранных граждан на территорию ИТЭФ. Здесь вместе с лауреатами многих престижных международных премий и именитых ученых со всего мира, пострадали студенты из бывших союзных республик, обучающиеся в МФТИ и МГУ, у которых базовая кафедра уже много лет располагается на территории ИТЭФ. Зато, коммерческие машины из Белоруссии и Украины ежедневно проезжают на территорию ИТЭФ, даже не предьявляя пропусков и без осмотра их багажа. Часть территории дирекция сдает коммерсам. Эффективный менеджмент в действии!

Дальше — больше. Если удалось пресечь контакты с мировой наукой в одном направлении, то нужно по логике вещей пресечь их и в обратном, т.е., запретить командировки за рубеж. При этом, я сразу оговорюсь, чтобы было понятно, что ученые ИТЭФ уже не просят, чтобы родной институт оплачивал им эти командировки. Ввиду высокого престижа этих ученых, многие научные центры на Западе готовы без разговоров взять на себя эти расходы. Ученые ИТЭФ просто просят, чтобы их не увольняли из своего института во время их отсутствия. В отдельных случаях — просто оплатить билет, что оговорено в теме научной работы или по условиям гранта. Обязанность отфильтровать яйцеголовых ученых с удовольствием взял на себя директор — эффективный менеджер. Не руководители научных работ, а далекий от тематики научного заведения менеджер. Приведу лишь несколько наиболее безобидных цитат из разговора директора ИТЭФ с теми, кто просит его поставить подпись на командировочном бланке:

— «Ну, что, вы же пиво туда едете пить? Признайтесь честно!»

— «Вы просите 14 дней. Докажите мне, почему не 13 и не 15»

— «Вы едете в командировку на месяц. Я бы сделал эту работу за два дня.»

— «Слишком часто ездите!»

— «В ближайшие полгода никто никуда командирован не будет. Хватит!»

Понятно, как можно охарактеризовать такое циничное поведение.

Одновременно с этим вводятся драконовские правила оформления самих командировок. У меня есть студент, который сразу после научной командировки должен был уехать на военные сборы. Он не успел оформить в 3 положенных после возвращения из поездки дня свои командировочные документы, и дирекция ИТЭФ ему цинично отказала в оплате билета, хотя эти деньги были заранее запланированы в теме его научной работы. Заставить студента с нищей стипендией самому оплачивать себе проезд в Западный научный центр — верх цинизма!

Наконец, на первую половину 2012 года директор распорядился отменить все командировки за рубеж, не смотря на срочные работы в крупных экспериментах на коллайдере или выступления на научных конференциях. Сотрудники оформляют отпуска, чтобы продолжать работать, либо в исключительных случаях подписывают заявление, что едут в командировку полностью за свой счет.

Но и этого мало для настоящего «эффективного менеджмента». Если ученые потерпят полгода без общения с коллегами, то почему бы не запретить покупки компьютерной техники? И, действительно, в ИТЭФ уже более полгода действует запрет на покупки компьютерной техники. Я уже не говорю о новых компьютерах, а лишь о необходимых расходных материалах: сетевые платы, память, диски, видеокарты, кулеры, картриджи для принтеров и т.д. — всё то, без чего компьютеры выходят постепенно из строя. В это же время гараж института пополняется новыми автомобилями Шкода Октавия в комплектации бизнес класса. Эффективный менеджмент в действии!

Верх совершенства — это внутренний по ИТЭФ приказ за номером 144, запрещающий любые публичные заявления о внутриинститутской жизни. Все руководители подразделений ИТЭФ были ознакомлены с этим уродливым проявлением мракобесия, полностью противоречащим нормам Конституции РФ.

Эффективный менеджер ИТЭФ запланировал начать новый 2012 год с унизибельной процедуры — со сбора подписей сотрудников под новым штатным расписанием, предусматривающим для ученых нищенские зарплаты, которые даже для профессоров, докторов наук с мировым именем составят не более 30% от оклада охранников, не допускающих лишних людей на территорию института и менее 10% от окладов его ближайшего защитного окружения: советников, референтов, и прочее. Многие, уважающие себя ученые ИТЭФ наверняка откажутся принимать участие в этой унизибельной процедуре и неминуемо окажутся за воротами института.

Да, ИТЭФ никто не собирается закрывать. Просто постепенно перекрывают одну за другой возможности заниматься в ИТЭФ наукой и образованием молодежи. Это верх самодурства и цинизма нашего времени в России.

Итого: Всё, что мы требуем, компетенции и экспертизы, а не коррупционные интересы и неприкрытое хамство, в управлении ИТЭФ (и другими научными организациями России).

Я не уверен, что активное распространение данной информации хоть как-то поможет институту. С другой стороны — страна должна знать своих «героев».

А словосочетание «эффективный менеджер» должно стать ругательным, им должны клеймить самую поганую дрянь.

Опубликовано на сайте Forum.msk.ru
22.01.2012

Одним контролем аварийность не снизить

Н.Н. Григорьев,
проф. кафедры ТСС ГМА им. адм.
С.О. Макарова,
М.М. Наконечный,
капитан дальнего
плавания, ведущий спец.
ОАО «Совкомфлот»,
А.М. Железняков,
аспирант РАГС (Москва)

Игнорируя известную истину: «Бесплатный сыр бывает только в мышеловке», современный бизнес, по меньшей мере, способствует, а, фактически, становится основной причиной аварий во всех сферах деятельности человека из-за стремления к «большой прибыли любой ценой». Это тезис мы постараемся доказать, используя материалы, относящиеся к области судоходства, потому что авторы имеют прямое отношение к морскому флоту.

Вторая причина — в соответствии с требованиями Резолюции А.741 (18) Международной морской организации (ИМО) и Международного кодекса по управлению безопасной эксплуатацией судов и предотвращением загрязнения (Международный кодекс по управлению безопасностью (МКУБ)) в печати должна публиковаться статистика развития предаварийных ситуаций. Следовательно, этими данными можно оперировать, анализируя причины аварийности применительно и к другим отраслям производства.

Современное судоходство не имеет недостатка, как в международных, так и в национальных документах, главное назначение которых — обеспечение безопасности мореплавания. Контроль над выполнением этих требований возложен на международные и национальные организации. Численность контролируемых и надзирающих органов непрерывно растет (за счет судовладельца). А его прибыль становится всё менее осязаемой. Стремление компенсировать эти потери ведет, прежде всего, к снижению заработной платы экипажа. И здесь возникает парадоксальная ситуация. Российский флот комплектуется менее квалифицированными кадрами, так как наиболее подготовленные специалисты уходят работать в иностранные компании. Комплектование экипажей российских судов производится по остаточному принципу.

Другим важным аспектом роста аварийности является техническое состояние флота. Именно не возраст, а техническое состояние флота. Из анализа аварийности судов в зависимости от возраста, представленного в ряде докладов международных семинаров, проводимых Российским Морским Регистром Судоходства, существенных различий не выявлено. Причинами аварийности является, как правило, не возраст судна, а его техническое состояние на момент аварии. Только один пример. В порту Мариехамн на Аландских островах в качестве музейного экспоната находится парусное судно «Поммерн», которому более 100 лет. Его так называемый «sister ship» «Падуя» (ныне учебное парусное судно «Крузенштерн») 1926 г. постройки до сих пор совершает учебные рейсы с курсантами.

Итак, основными причинами аварийности являются квалификация экипажа и техническое состояние судна. Случаются ситуации, когда причиной аварии являются форс-мажорные обстоятельства.

По мнению автора публикации в газете «Морские вести России», для сокращения потенциаль-

но возможных аварий следует: «совершенствовать нормативную базу, которая регламентирует нашу работу. Опыт показывает: сколько не пиши подробных инструкций и «толковых» предписаний, надежда на пресловутое «авось»... кажется, непобедима. Чрезмерная уверенность в своих силах и возможностях, а часто просто элементарное отсутствие необходимого профессионального опыта подталкивают людей к совершению различных ошибок и пренебрежению правилами. А это часто заканчивается трагическими последствиями. Однако бороться можно и нужно, взяв на вооружение четкую систему контроля».

По данным «Ространснадзора», в этом направлении ведется масштабная работа.

На основании данных, ситуация по аварийности на 2010 г. выглядит следующим образом:

- «Госморречнадзор» выявил 861 нарушение в результате проверок с 6 по 13 мая 2011 г. (всего за отчетный период проведено 1367 проверок) [1];
- В 2010 г. проведено 7500 инспекций российских судов. Из них 61% — инспекции с несоответствиями, 1% с задержаниями. ...В морских портах РФ проведено 3400 инспекций иностранных судов. 74% из них — инспекции с замечаниями, 5% инспекций привели к задержанию [2];
- В 2010 г. в иностранных портах проведено свыше 1300 инспекций российских судов. В более чем 950 случаях осмотров инспекторами Port State Control (PSC) зафиксировано около 6 тыс. недостатков, из них более 300 были такими, при которых судно не может получить разрешение на выход в море. Всего в 2010 г. за невыполнение требований международной конвенции в иностранных портах задержано 66 российских судов [3,4];
- В 2010 г. зарегистрировано 166 транспортных происшествий, что в 1,7 раза больше по сравнению с 2009 г.;
- В результате аварийных случаев в 2010 г. погибли 26 человек.

Таким образом, несмотря на значительные усилия «Ространснадзора» и других контролируемых и надзирающих органов, аварийность продолжает расти. 2011 год явно попадет в разряд особенных из-за аварии т/х «Булгария». Органами государственного морского и речного надзора в первом квартале 2011 г. оформлено около 150 протоколов о привлечении к административной ответственности, в то время как за аналогичный период 2010 г. таких протоколов было немногим более 100. В результате, сумма штрафов, наложенных судами и органами государственного морского и речного надзора за административные правонарушения в области морского и внутреннего водного транспорта, по сравнению с аналогичным периодом прошлого года возросла на 50% и составила 700 тыс. руб. против 468 тыс. за первый квартал 2010 г. [«Морские вести России»].

По поводу влияния на аварийность «человеческого фактора» заявляется следующее: «Сторонники теории «человеческого фактора» говорят, что ошибиться может даже самый лучший в мире капитан. Но самый лучший в мире капитан допускает промах именно в тот момент, когда позволяет себе не выполнить рутинные, но необходимые пункты инструкции или правила. Человеческий фактор очень хорошо поддается управлению через жесткое администрирование: бескомпромиссные требования, неотвратимое наказание за нарушение и четкий контроль. Соз-

дание таких условий и есть непосредственная задача Ространснадзора». С таким высказыванием солидарен и автор книг по анализу и разбору аварий на морском флоте американский капитан Ричард А. Кейхилл: «Никакая электронная техника и утонченная технология не является непреодолимой преградой для глупости». Наполеон Бонапарт считал, что каждый человек в течение дня бывает глупым как минимум пять минут. Возможно, в такие пятиминутки и происходят аварии.

Но, как доказано в юриспруденции, ужесточение наказания не ведет к снижению преступности. Вряд ли только неукоснительное выполнение требований инструкций способно оградить от аварий. По результатам исследований, проведенных Финансовой администрацией США, 12% принимаемых врачебных решений не правильны [5].

По мнению авторов, ужесточение требований в области надзора и контроля — лишь полумеры. Учитывая возраст пассажирского флота РФ (у 60% судов свыше 40–60 лет), и жесткую линию экономии со стороны судовладельцев, вряд ли только такими мерами можно добиться реального улучшения аварийной статистики. Для снижения аварийности на флоте должен реализовываться комплексный подход, а именно: приведение на должный уровень технического состояния флота, обеспечение качественной подготовки кадров, надзор и контроль.

В настоящее время особо остро стоит вопрос подготовки кадров. Качество морского образования неуклонно снижается во всем мире, и Россия не является исключением. Наиболее подготовленные специалисты уходят работать в иностранные судоходные компании. При поступлении в учебное заведение предъявляются требования к физическому здоровью абитуриента, психофизиологические показатели не учитываются вовсе, что способствует росту потенциала аварийности на флоте. По данным «Ространснадзора», 45–50% зарегистрированных аварий судов внутреннего плавания связаны с потерей ориентировки судоводителями. «Ространснадзор» связывает это с плохим навигационным оборудованием: «Чтобы избежать аварий, нужно элементарно обеспечить речные суда и суда «река-море» современными средствами навигации, позволяющими нормально ориентироваться, в том числе и в условиях ограниченной видимости. При этом оснащение судов современными навигационными комплексами должно сопровождаться обязательной переподготовкой всего судоводительского состава. Такое решение, безусловно, требует от судовладельцев усилий и средств. А компании закрывают глаза даже на недостаточную профессиональную подготовку судоводителей. Отсюда многочисленные посадки на мель, чередой идущие с самого начала навигации и до её окончания, вследствие ошибок и незнания судоводителями лоций и правил плавания на внутренних водных путях».

При проведении психофизиологического тестирования абитуриентов (199 человек) Морского колледжа были получены следующие результаты [6]. Ниже нормы:

- у 55% испытуемых — зрительное восприятие;
- у 42% — зрительная память;
- у 40% — пространственные представления;
- у 35% — оперативная память.

Таким образом, данные, полученные в результате тестирования, коррелируют со статистикой аварийности в связи с потерей ориентации (45–50%).

Многолетний опыт психофизиологического отбора при приеме на работу в промышленность и армию США показал высокую эффектив-

ность. Аварийность по вине персонала снизилась на 40–70%, что весьма ощутимо при 80% аварий по причине человеческого фактора. Немаловажен и такой фактор — затраты на подготовку персонала уменьшились на 30–40%. Психофизиологический отбор при приеме в учебное заведение позволяет сократить число учащихся, не способных успешно работать по избранной специальности. При этом число учащихся, отчисляемых из-за неспособности обучаться и работать по специальности, снижается с 30–40% до 5–8% [7].

Снижению аварийности не способствует и тот факт, что по сравнению с советским периодом численность судоходных компаний с 17 морских пароходств и 18 речных выросла на два порядка — до 2545 компаний. Среди новых судовладельцев много таких, которые далеки от понимания проблем безопасности мореплавания. Один из таких «специалистов» заявил, что управлять автомобилем значительно труднее, чем судном.

Однозначного заключения о причинах аварийности сделать невозможно. Действительность намного сложнее любой самой подробной инструкции, так как «законы человеческих пертурбаций не могут быть установлены логикой распределения элементов очевидности». Более того, современные инструкции, подчас, сами могут стать источниками аварий, потому, что, как говорил герой А. Райкина: «Сказано много и правильно, но непонятно о чем».

Сходная ситуация с ростом аварийности наблюдается и в авиации, в энергетике, горнодобывающей промышленности и других отраслях. Причины одни и те же. В качестве основных рекомендаций для снижения аварийности, можно выделить следующие:

- проведение психофизиологического отбора при приеме и расстановке кадров, как некогда это делалось в Ленэнерго, а в настоящее время на РЖД;
- проведение психофизиологического мониторинга персонала для своевременного выявления психофизиологического выгорания специалистов;
- принятие радикальных мер в сфере образования. В том числе — расширение числа учебных заведений закрытого типа, где наряду со знаниями и умениями будут прививаться чувства ответственности, дисциплинированности, развитие лидерских качеств, способности работать в команде и проводить оценку рисков;
- приведение в соответствие технического состояния оборудования требованиям правил технической эксплуатации;
- организация контроля технического состояния оборудования силами специалистов, имеющих значительный практический опыт работы в отрасли;
- привлечение к работе специалистов, увольняемых из вооруженных сил (после дополнительной подготовки), как наиболее дисциплинированных и имеющих опыт работы по родственным специальностям.

Литература. 1. «Флотэксперт», № 3, 2011. 2. Давыденко А.А., Управление в портах и обеспечение безопасности, «Морской флот», № 01–03 (1497), 2011. 3. Ермолаев П.М. Анализ аварийности на морском и речном транспорте, «Транспортная безопасность и технологии», № 2 (25), 2011. 4. Фролов А.Е. О некоторых результатах портового контроля в 2010 г.; «Транспортная безопасность и технологии», № 2 (25), 2011. 5. Чалдини Р. Психология влияния. — СПб.: Питер, 2006. — 288 с. 6. Григорьев Н.Н. и др. Психологический аспект подготовки специалистов для морского флота. «Эксплуатация морского транспорта», 2007, № 1 (47). 7. Универсальный психодиагностический комплекс. «Новый оборонный заказ. Стратегии», № 2 (14), 2011.



В.Н.Половинкин,
засл. деятель науки
РФ, д.т.н., проф., ЦНИИ
им. ак. А.Н.Крылова,

Возможности струйных технологий в энергетике

Прямой постановке классических законов физики, термодинамики отвечает только 3-5% окружающего нас пространства. Остальное пространство живет по своим законам, для которых известные нам законы носят частный характер

В.Е.Фортвов, акад. РАН

В попытках найти альтернативные энергетические источники, которые не нанесли бы вред окружающей среде, многие специалисты обращают внимание на струйную, вихревую энергетику.

Первым наиболее ярким ученым, обратившим внимание человечества на необходимость поиска нетрадиционных подходов в энергетике, был Никола Тесла. В 1892 г. он высказал следующую мысль: «Мы проходим с непостижимой скоростью через бесконечное пространство. Всё окружающее нас находится в движении, и энергия есть повсюду. Должен найтись более прямой способ утилизировать эту энергию, чем известные в настоящее время. Когда свет получится из окружающей нас среды, и когда таким же образом без усилий будут получаться все формы энергии из этого неисчерпаемого источника, человечество пойдет вперед гигантскими шагами».

Эту идею Н.Тесла можно считать непосредственным посылом к поискам альтернативной экологически безопасной возобновляемой энергетики. Он призывал «подключить свои машины к самому источнику энергии окружающего пространства». Сегодня человечество уже практически подошло к реализации именно этой идеи.

В то же время за модной сегодня темой использования биотоплива в качестве перспективного альтернативного источника энергии, кроется огромный вред, превышающий урон, наносимый природе традиционной энергетикой. Идеи Николы Тесла лежат в совсем иной области, к которой относятся и струйные технологии. Развитие этого направления уже преодолело стадию «этого не может быть» и находится на промежуточном этапе между «в этом что-то есть» и «кто ж этого не знал».

Природные прототипы альтернативных источников энергии

Многие энергетические процессы в природе отличаются уникальной особенностью: для их запуска необходима минимальная энергия. А в результате реализации или протекания самого процесса вырабатывается колоссальная энергия. Но это не значит, что КПД данного механизма превышает многие сотни процентов. Следует особенно подчеркнуть, что все без исключения природные процессы подчинены классическим законам термодинамики, законам сохранения энергии, физики, химии, механики.

Идеи перспективной альтернативной энергии нужно искать в самой природе. Окружающая нас природа — главный источник знаний человечества. Земля обладает неисчерпаемым источником низкопотенциальной экологически чистой энергии — атмосферой, аккумулирующей тепловую и потенциальную энергию газов, нагреваемых лучистой энергией солнца и сжатых под действием гравитации. Неравномерный нагрев газов, изменяя давление в атмосфере, нарушает её равновесное состояние. При восстановлении равновесия потенциальная и тепловая энергия воздуха преобразуются в кинетическую энергию воздушных потоков. Эта природный механизм используется в ветровых энергетических установках. Первым аппаратом, использовавшим



Рис. 1.

кинетическую энергию потока, был парус.

Ученые давно обратили внимание на то, что только вихревые потоки обладают наибольшим потенциальным запасом кинетической и тепловой энергии. При этом энергетические возможности вихревых потоков зависят от многих факторов, в том числе и от состава газов. Поэтому не случайно специалисты все более пристально обращают внимание в перспективной возобновляемой энергетике на так называемую струйную, или вихревую энергетику.

Струйная, вихревая энергетика

Струйные энергетические технологии основаны на законах классической термодинамики и сохранения энергии. Первое направление разработки струйной, вихревой энергетики связано

с копированием природного процесса имплозии (англ. implosion — взрыв, направленный вовнутрь; обжатие вещества сходящейся концентрической взрывной волной) и трансформацией тепловой энергии с низким потенциалом в кинетическую энергию. Наиболее наглядным примером природной имплозии являются смерчи, торнадо. Наблюдая их в течение сотен лет, ученые убедились, что смерчи обладают огромной условно управляемой энергией, имеющей электрическую природу. Причем верхняя смерча часть заряжена положительно, нижняя — отрицательно. По сути, торнадо представляет собой огромный природный мотор-генератор. В торнадо диаметром более 800 м. сосредоточена энергия крупной атомной бомбы. Фактически процесс торнадо является строго управляемым, следовательно,

имеется возможность использования энергии данного процесса.

На возможность использования этой энергии первым обратил внимание австрийский изобретатель Виктор Шаубергер, занимавшийся исследованием природных вихрей в первой половине XX в. и создавший прототипы искусственных торнадо. Даже свое жилище он впервые отапливал роторно-вихревым теплогенератором.

В природе существуют множество видов, типов торнадо и смерчей. Каждый из них имеет характерные геометрические очертания рис.1. Наибольшую продолжительность существования имеют торнадо — смерчи, зарождаемые в океане. По мнению отдельных специалистов, в качестве топлива торнадо использует жидкость во всех трех фазах. При этом разность температур различных слоев атмосферы срабатывает как запуск механизма торнадо, а его топливом является вода.

Использовать эффект торнадо для генерации электроэнергии (ЭЭ) впервые удалось Льюису Мичоду (Louis Michaud), который попытался создавать небольшие искусственные вихри при помощи специального «вихревого двигателя». По расчетам американского инженера установка диаметром 200-400 м может генерировать до 200 МВт электроэнергии. «Топливом» для искусственного торнадо может служить разогретая поверхность океана или любого водоема.

На основе наблюдений за природными торнадо были сформулированы подходы к созданию искусственных генераторов торнадо. Наиболее отработанными в настоящее время являются генераторы торнадо с центральным нисходящим вакуумным шнуром рис. 2. Самый большой в мире искусственный смерч высотой около 200 м размещен в музее компании Mercedes-Benz (Германия).

Интерпретацией энергетического механизма торнадо занимались сотни ученых. В версии Потапова-Фоминского она выглядит следующим образом рис. 3. Российский изобретатель Ю.С.Потапов имеет самое большое число авторских свидетельств на так называемые вихревые, молекулярные теплогенераторы. Все его конструкции — от первой тепловой трубы до последних агрегатов — существуют в виде действующих образцов. Хотя с заявлениями автора установок, что их КПД составляет 200-400%, трудно согласиться. Основное заблуждение сторонников такой оценки эффективности связано с тем, что рассматриваются разомкнутые и замкнутые системы. Рассматривать одинаковые понятия для разомкнутой и замкнутой систем неправомерно. При расчете КПД двигателей внутреннего сгорания никто не учитывает энергию, затраченную природой на создание топлива, рассматривается только конечный этап энергетического цикла.

Основой любой струйной энергетической технологии являются струйные аппараты.

Струйные аппараты

Классическими струйными аппаратами являются эжекторы и инжекторы. Эжектор откачивает, а инжектор нагнетает любую среду. Струйные аппараты применяются во многих отраслях промышленности: нефтехимической, нефтегазодобывающей, нефтеперерабатывающей, в ТЭК, атомной энергетике, в космической и глубоководной технике, пищевой и др. В атомной энергетике струйные технологии станут определяющими, особенно при создании безопасной атомной энергетике в моноблочном варианте.

Мнения специалистов по применению и возможностям струйных аппаратов разделились. Одни считают, что струйные аппараты могут

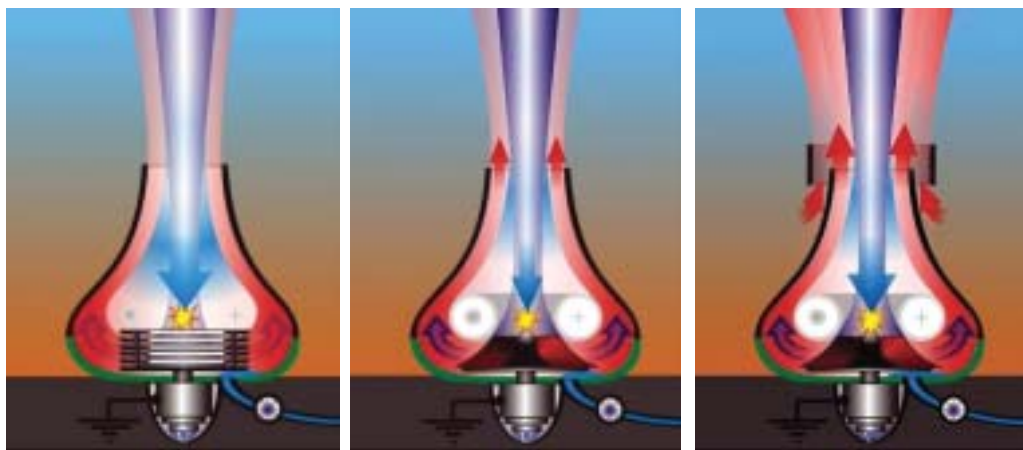


Рис. 2. Генератор торнадо (с центральным нисходящим вакуумным инжуром)

использоваться только в качестве транспортных средств для передачи энергии или среды, и не более того. В традиционных энергетических установках они могут заменить такие элементы как бойлеры, насосы и т.п. Вторая группа авторов доказывает, что струйные аппараты позволяют получать новый вид энергии и обеспечивать возможность аккумуляции и использования энергии до температур, ниже окружающей среды.

Считается, что любая энергетическая установка работает по классическому принципу Карно — использование теплоперепада от максимального нагрева до температуры окружающей среды. Если с помощью струйных аппаратов создать однородную двухфазную среду с определенными параметрами, появляется возможность забирать энергию от источника с температурой даже ниже 0°C.

В инжекторах путем преобразования тепловой энергии пара в кинетическую энергию жидкостной струи получают на выходе полное давление жидкой смеси, превышающее давления пара и жидкости на входе в аппарат. Поэтому инжектор может использоваться как насос.

Эжектор — гидравлическое устройство, в котором происходит передача кинетической энергии от одной среды, движущейся с большей скоростью, к другой. Впервые теорию эжекторного увеличения тяги описал в 1969 г. профессор ЦАГИ Г.Н. Абрамович, констатировавший факт управляемого использования энергии атмосферы для выполнения механической работы.

Сферы применения эжекторов не ограничиваются только увеличением тяги реактивного двигателя. Эжекторы используются и в газотурбинных двигателях, двигателях внутреннего сгорания с целью получения увеличенной агрегатной мощности и т.д.

Струйный теплогенератор

В соответствии с двумя подходами ученых, занимающихся изучением струйных технологий, разделяют и типы создаваемых струйных аппаратов. Первый тип струйных энергоустановок (ЭУ) представляет собой аппарат, в котором кинетическая энергия жидкости (например, воды), приводимой в движение насосом, превращается в тепловую энергию. Процесс интенсифицируется с помощью специального устройства — гидродинамического теплогенератора, представляющего собой вихревую трубу. Первый вихревой теплогенератор был создан Ранке — «вихревая труба» Ранке, в которой реализовывался эффект Ранка-Хилша рис.4. Протекание процесса в вихревой трубе зависит от рабочей среды. В случае газа происходит разделение его на холодный и теплый слои. Холодный слой отбрасывается к стенке трубы, теплый — концентрируется в середине. В случае жидкости, она также разделяется на горячую и теплую воду, температуры которых превышают температуру входящей в трубу жидкости.

Первой ЭУ, в которой использовалась тепловая труба, была энергетическая установка Леопольда Шерье рис.5. Подобная ЭУ сегодня должна широко внедряться в гидроэнергетике. В ней используется поток спадающей воды с очень низким КПД. Создавая завихрение этого потока, и размещая турбину в нижней части установки, можно получать дополнительную вихревую энергию. Дополнительная вихревая энергия получается вследствие возникновения и протекания уникального процесса изменения структуры воды на молекулярном уровне, т.е. её перекристаллизации. Было неоднократно установлено, что при определенной скорости (а завихрение может осуществляться до скорости 400 км/час), происходит молекулярное изменение структуры воды. При этом выделяется большая дополнительная

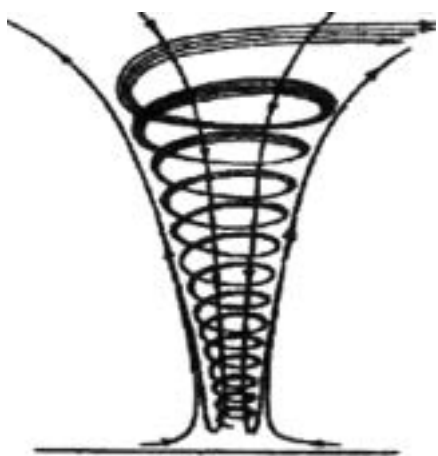


Рис. 3. Интерпретация торнадо в версии Потопова-Фоминского

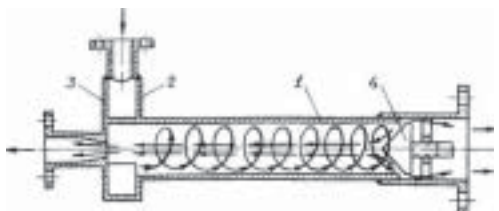


Рис. 4. Вихревая труба РанкеЭффект Ранка-Хилша

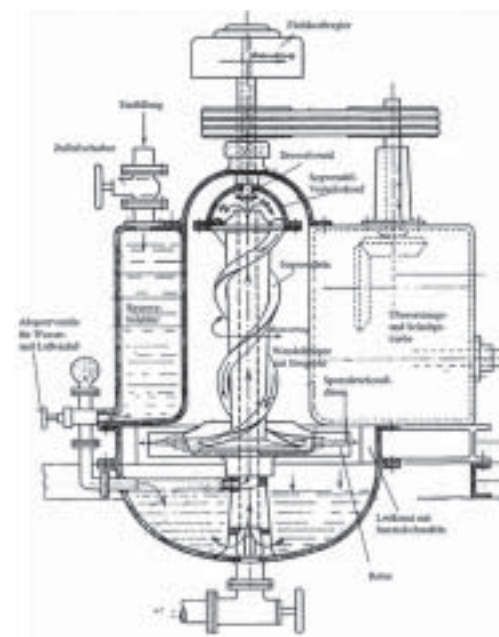


Рис. 5. Энергетическая установка Леопольда Шерье

энергия.

Среди струйных аппаратов существенное распространение получил вихревой насос.

Вихревой насос

Первое поколение вихревых насосов, в создании которых, например, принимал участие профессор Ю.С.Потапов, представляет собой традиционный насос — циркуляционный насос, корпус, тепловую трубу, тормозное устройство для осуществления перепада давления и радиатор. Это типовая установка, разные модификации которой сегодня достаточно широко предлагаются на рынке.

Впервые же струйные технологии в транспортной энергетике были использованы в 1814 г. Стефенсоном при создании первого паровоза «Блюкер». В этом паровозе был задействован струйный аппарат — инжектор, который получал пар из паровозного котла, воду из тендера и подавал её в котёл. Аппарат развивал давление, большее, чем в котле, как минимум на величину гидравлического сопротивления тракта подачи воды. В рамках традиционных теоретических

представлений такая возможность была не реализуема. Тем не менее, паровоз просуществовал до 1830 г., произведя революцию в транспортной энергетике. Вторым детищем Стефенсона стал паровоз «Ракета».

Струйные газотурбинные двигатели

Второе направление развития струйной энергетике связано, например, с созданием струйных газотурбинных двигателей с эжекционным процессом. В эжекционном процессе параллельного присоединения к стационарной реактивной струе, тяга увеличивается без дополнительных затрат энергии. Причем увеличивается не только тяга, но и полезная мощность или мощность на валу двигателя за счет дополнительной неуравновешенной силы внешнего давления на входной раструб (заборник) эжектора. В результате последовательного присоединения дополнительных масс реактивная тяга и кинетическая энергия объединенной массы больше тяги и кинетической энергии активной струи.

Основной внедрения эжекционного процесса в энергетике стало научное открытие № 314 (от 2.07.1951 г.) О. И. Кудрина, А. В. Квасникова, В. Н. Челомея: «Явление аномально высокого прироста тяги в газовом эжекционном процессе с пульсирующей активной струей». С тех пор во всех конструкциях двигательных комплексов ракетной техники В. Н. Челомей использовал струйные технологии. Было однозначно доказано, что данный эффект оказался полезен не только для создания дополнительной реактивной тяги, но и для использования его в эжекторном сопловом аппарате ГТД с целью получения дополнительной мощности на валу.

Было также установлено, что при эжектировании атмосферного воздуха пульсирующей струей продуктов сгорания прирост реактивной силы достигает 140%, т.е. тяга увеличилась в 2,4 раза. Кинетическая энергия объединенной реактивной массы может быть увеличена более чем в 10 раз по сравнению с кинетической энергией активной струи, так как в зависимости от параметров процесса присоединения может увеличиваться не только реактивная масса, но и ее скорость. Кинетическая энергия не рассеивается в атмосфере, как при создании реактивной тяги двигателя, а почти полностью используется для воздействия на лопатки турбины.

Отмеченный принцип используется и для других целей. Например, за рубежом выхлопные трубы тепловых электростанций оснащаются вихревыми генераторами. В результате получается дополнительная энергия, а поток газов ориентируется вертикально в высоту, соответственно уменьшая воздействие токсичных компонентов.

Использование струйной энергетике в атомной отрасли

Ряд специалистов исключительно обоснованно связывает использование струйной энергетике с атомной отраслью. Это связано с попыткой создания безопасного паро-производящего агрегата в моноблочном исполнении. Представить под крышкой реактора любой другой привод для системы охлаждения сложно. Создать действительно моноблочной конструкции ППА возможно только на базе струйных технологий. В «Морском вестнике» № 2(34), июнь 2010 г. опубликована статья о разработке ядерного моноблочного паро-производящего агрегата (ППА) типа «Бета» с кипящей активной зоной и струйными средствами циркуляции, мощностью 150 МВт рис.6. Специалисты Морского технического университета под руководством Н.П.Шаманова были разработаны не только варианты струйных аппаратов, но и систем охлаждения, например, простейшие схемы первого контура и двухступенчатого первого контура ППА рис.7.

В последнее время НИЦ им. Курчатова инициировал возврат к идее создания моноблочного агрегата типа «Бета» с использованием струйных технологий. В качестве одного из вариантов системы теплоснабжения для ПАЭС предполагается замена насосов питательными и сетевыми струйными аппаратами рис.8.

В атомной энергетике существуют различные конструктивные решения струйных аппаратов. На рис.9 показаны схемы элеватора и водо-водяного инжектора. Конструкция, сечение и размеры определяются необходимыми параметрами среды. При цифровом моделировании процесса,

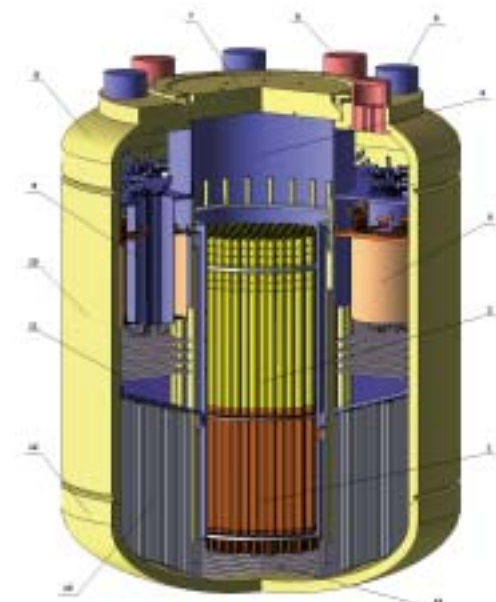


Рис. 6. Ядерный моноблочный ППА типа «Бета» мощностью 150 МВт

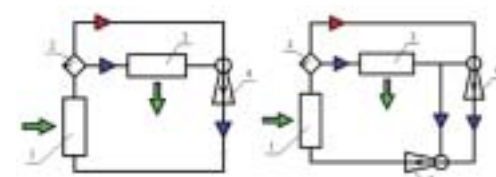


Рис. 7. Слева — простейшая схема первого контура ППА «Бета». (1 — кипящая АЗ, 2 — сепаратор, 3 — парогенератор, 4 — ПВСА). Справа — Схема двухступенчатого первого контура ППА «Бета». (1 — кипящая АЗ, 2 — сепаратор, 3 — парогенератор, 4 — ПВСА, 5 — водо-водяной инжектор)

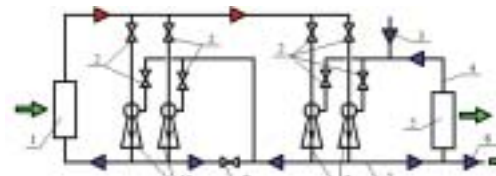


Рис. 8. Система теплоснабжения для ПАЭС. (1 — прямоточный ПГ, 2 — отсежные клапаны, 3 — подпитка сетевого контура, 4 — обратный трубопровод, 5 — потребители, 6 — отбор воды на ГВС, 7 — прямой трубопровод, 8 — сетевые ПВСА, 9 — регулирующий клапан, 10 — питательные ПВСА)

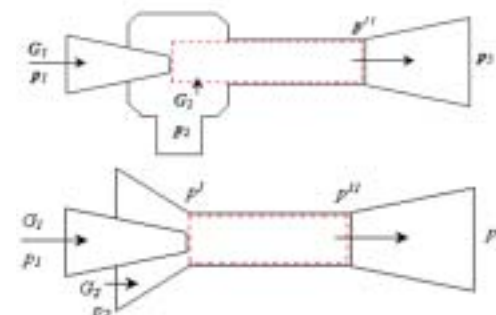


Рис. 9. Два вида водо-водяных инжекторов. Схема элеватора. Схема ВВИ

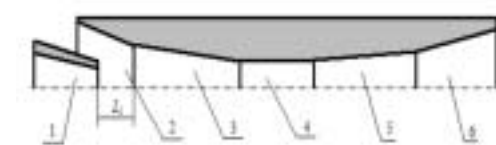


Рис. 10. Схема проточной части ПВСА. (1 — паровое сопло, 2 — первый конфузор, 3 — второй конфузор, 4 — цилиндрическая часть, 5 — первый диффузор, 3 — второй диффузор, L1 — длина первого конфузора)

исходя из параметров среды, определяют геометрию одного и второго сопла, размеры смешительной камеры.

Специалистами Кораблестроительного университета предложена схема проточной части пароводяного струйного аппарата (ПВСА) рис.10, включающая традиционное сопло, первый и второй конфузур, цилиндрическую часть, первый и второй диффузоры смешительной камеры. Такая схема ПВСА позволяет управлять процессом разгона потока либо регулировкой давления до нужной величины. При использовании ПВСА в качестве проталкивающего насоса, давление, позволяющее преодолеть гидравлическое сопротивление, будет иметь некоторый дополнительный запас.

Струйное устройство, предлагаемое для плавающих АЭС, показано на рис.11. В качестве ос-

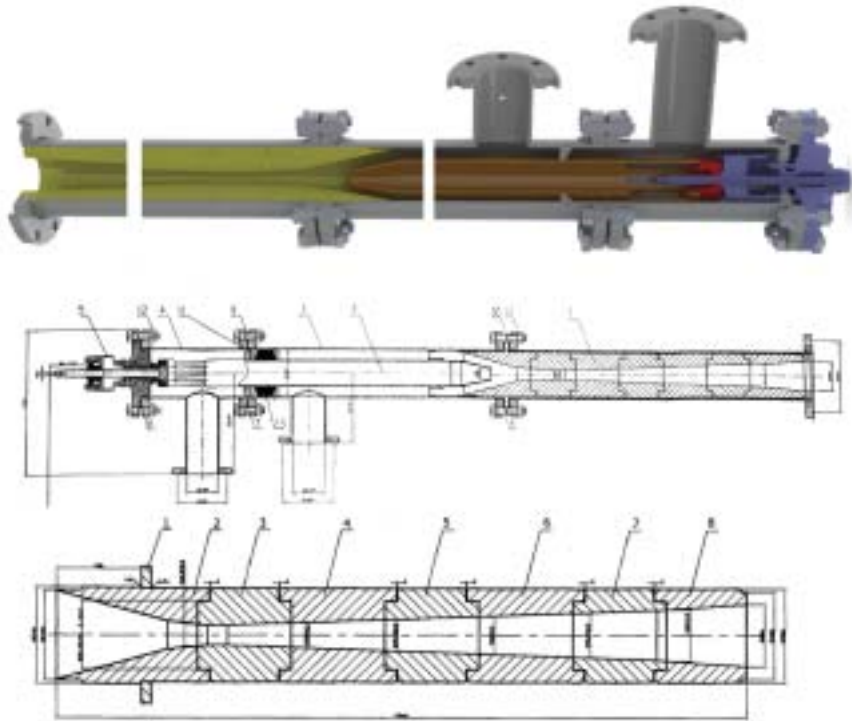


Рис. 11. Струйное устройство для ПАЭС

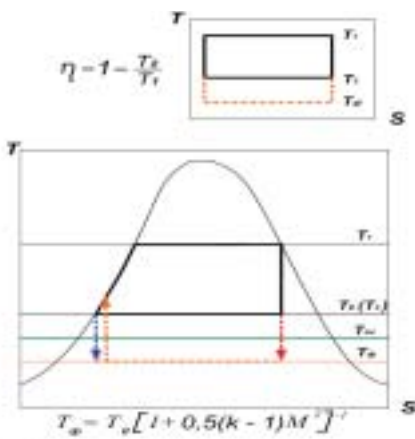


Рис. 12. Идеальный цикл Карно, цикл Ренкина, термодинамический цикл с использованием МСА (T_1 — температура горячего источника, T_2 — температура холодного источника (температура конденсации), T_3 — температура окружающей среды, T_4 — температура смеси в двухфазном потоке, T_5 — температура остановленного потока (температура торможения)

новного аргумента за использование струйных аппаратов специалисты приводят их надежность, безопасность и высокую эффективность. Отсутствие вращающихся частей и определяет надежность этих аппаратов. Они не требуют ухода в период между очистками, и их эффективность достаточно высока.

Трансзвуковые струйные аппараты

Ещё одно направление применения струйных технологий связано с использованием повышенной сжимаемости двухфазных рабочих сред. Переход от дозвукового режима течения однородных двухфазных сред на входе в аппарат через сверхзвуковой режим течения их смеси внутри аппарата, затем снова к дозвуковому режиму течения на выходе из аппарата определил его название — трансзвуковой струйный аппарат (ТСА).

Очевидно, что чем больше сжимаемость рабочей среды, тем выше эффективность преобразования тепловой энергии среды в механическую работу. Новым в термодинамике двухфазных потоков является учёт свойства повышенной сжимаемости среды именно в двухфазных потоках. Эта особенность двухфазного потока послужила базой для развития нового направления в термодинамике — основы термодинамики двухфазных потоков. Оно было разработано профессором В.В. Фисенко. Полученные им технические решения запатентованы в ведущих странах мира. Устройства, представляющие собой одновременно теплообменники, смесители и насосы, нашли применение в Европе, США, Китае и России.

В своё время С.Карно сформулировал условия преобразования тепловой энергии в механическую работу по аналогии с работой обычной гидравлической машины — путём использования теплоперепада между горячим и холодным источниками тепла. Как выяснилось позднее, эта аналогия не вполне корректна для некоторых направлений термодинамики. До последнего времени считалось, что для повышения эффективности преобразования тепловой энергии в механическую работу существует только один путь — повышение температуры подвода тепла

(T_1), ибо нижняя температура цикла T_2 ограничена температурой окружающей среды. В конце 1970-х гг. профессору В.В. Фисенко удалось доказать возможность преобразования тепловой энергии в механическую работу без потери большей части этой энергии вследствие рассеяния её в окружающей среде.

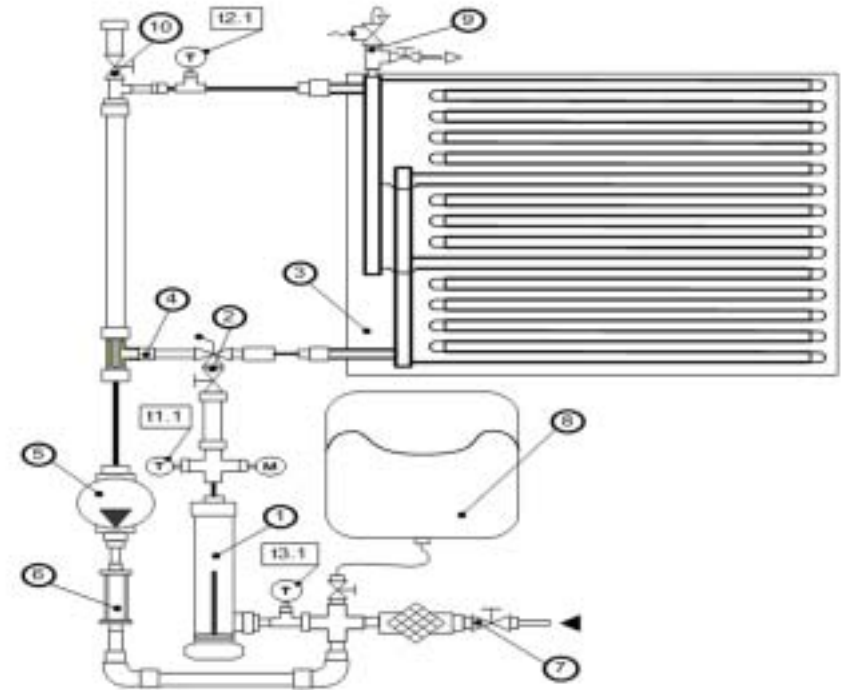
На рис.12 представлены схема идеального цикла Карно и диаграммы идеальных циклов У. Ренкина. На диаграмме T/S приведены параметры в характерных точках цикла и условные линии, соединяющие начальные и конечные состояния рабочего тела пар-вода при его изэнтропийном расширении, псевдоконденсации и изэнтропийном сжатии для аппаратов В.В. Фисенко.

В ТСА используется явление, позволяющее получать регулируемое существенное понижение температуры холодного источника T_2 (вплоть до отрицательной по шкале Цельсия).

Теоретическая возможность такого процесса может быть продемонстрирована формулой: $T_0 = T_φ [1 + 0,5(k-1)M^2]$, показывающей, что температура в движущемся потоке $T_φ$ всегда меньше температуры заторможенного потока T_0 в том же сечении. В наибольшей степени этот факт проявляется при сверхзвуковом движении потока. Таким образом, появляется возможность существенного понижения температуры в потоке по отношению к температуре торможения. То есть утверждение о том, что нельзя отдать тепло от менее нагретого тела к более нагретому без дополнительной затраты энергии (одна из формулировок второго начала термодинамики) не всегда справедливо.

Продолжим рассуждение и, например, зададимся вопросом: какая из сред будет греть другую — горячая вода с температурой + 120°C или «холодный пар» с температурой + 100°C? В традиционной термодинамике ответ очевиден: более горячая вода нагреет менее нагретый пар. Но при этом не учитывается, что энергии, запасённой в стоградусном паре, существенно больше, чем энергии в воде, нагретой до 120°C (удельная энтальпия пара равна $H'_{100} = 2676,3$ кДж/кг, а удельная энтальпия воды равна $H'_{120} = 503,7$ кДж/кг). Чтобы отвести эту энергию от пара к воде нужно заставить эти среды обмениваться количествами движения (в результате чего скорость потока будет расти, а скорость звука в нём падать), смешать и разогнать смесь до сверхзвуковой скорости, что вполне реально и осуществимо.

Снижение температуры в потоке ниже температуры окружающей среды и нагревание «холодным» паром «горячей» воды оказывается возможным благодаря повышенной сжимаемости однородных двухфазных сред. Рассмотрим это явление на примере двухфазной среды вода-пар. При нормальных условиях (температуре 20 °C и атмосферном давлении) скорость звука a в воде равна примерно 1400 м/с, в газе — примерно 330 м/с, а в насыщенном паре при давлении ~ 0,1 МПа — примерно 500 м/с. Но если жидкость и пар (газ) хорошо перемешать, создав достаточно однородную среду, то скорость звука в ней будет намного меньше скорости звука не только в воде, но и в газе. Минимальное значение ско-



- 1. - Электродвигатель электродный
- 2. - Узел регулирования расхода теплоносителя
- 3. - Водяной нагреватель воздуха
- 4. - Узел смешивания горячего и холодного теплоносителя
- 5. - Циркуляционный насос
- 6. - Расходомер
- 7. - Узел заполнения и подпитки установки водой
- 8. - Бак расширительный с резиновой мембраной
- 9. - Узел удаления воздуха и газа под давлением
- 10. - Узел водоподготовки

Рис. 13. Принципиальная схема гидравлической части опытной теплогенерирующей установки ЭТСА 3/12

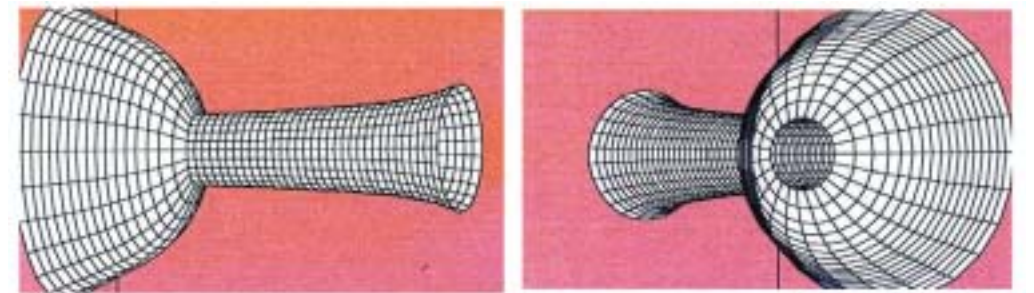


Рис. 14. Оптимальная форма сопла ТСА

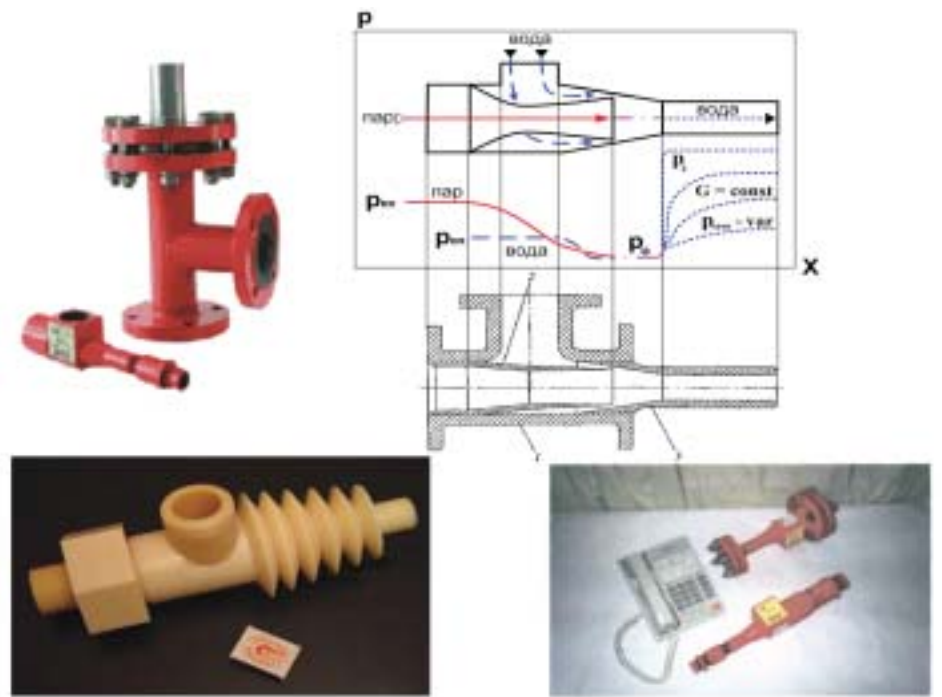


Рис. 15. Закономерности изменения параметров и типы ТСА

рости звука (~ 20 м/с) соответствует двухфазной среде с равными парциальными объемами жидкости и газа.

В общем случае, скорость звука в однородной двухфазной смеси определяется уравнением $a^2 = \kappa_{см} p / \rho$, полученным с использованием уравнения показателя изэнтропы смеси. Здесь $\kappa_{см}$ — показатель изэнтропы, p — давление, а ρ — плотность среды. В двухфазной однородной смеси её показатель изэнтропы является функцией показателя изэнтропы газа и соотношения парциальных объёмов газа и жидкости $\beta = V_g / (V_g + V_x)^{-1}$ и не зависит от свойств жидкости.

Так как сжимаемость среды обратно пропорциональна скорости звука в ней, то двухфазная пароводяная среда существенно более сжимаема, чем не только вода, но и газ (пар). Возможность более полного преобразования внутренней энергии рабочей среды в механическую работу существенно больше тогда, когда сжимаемость среды больше. Поэтому в качестве рабочей сре-

ды предпочтительнее использовать не хорошо сжимаемый газ (пар), а гораздо более сжимаемые двухфазные среды. Именно на этом явлении основана работа аппаратов В.В. Фисенко.

С точки зрения эффективности преобразования внутренней энергии сжимаемых сред в механическую работу, важно выделить случаи, когда среда движется в условиях сверхзвуковой скорости потока, то есть при $M = W a^{-1} > 1$. На сегодняшний день все работающие при $M > 1$ машины реализуют один вариант повышения эффективности — увеличение числителя в формуле числа Маха. Но увеличение скорости движения потока W ведёт к огромным энергетическим затратам.

В аппаратах, использующих повышенную сжимаемость рабочих сред, преобразование энергии можно осуществлять с существенно меньшими затратами за счёт того, что увеличивается не скорость потока W , а уменьшается скорость звука в потоке a . Этот путь является энергетически более выгодным.

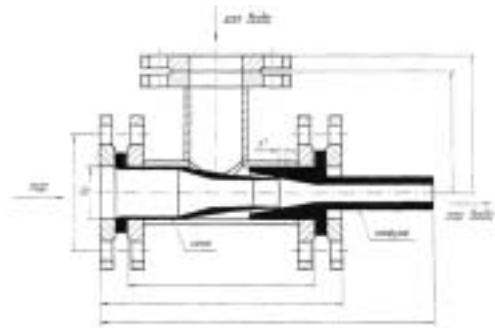


Рис.16. Промышленный вариант трансзвукового струйного аппарата

установка, включающая электродный паровой котел и ряд других узлов, представленных на рис.13. Следует отметить, что данные установки могут работать только при наличии электродных котлов. Это в определенной степени связано с тем, электродный котел, являясь источником получения пара, одновременно выполняет и роль условного ускорителя пароводяной смеси. Использование электродного парового котла позволяет увеличивать концентрацию пузырьков пара по высоте благодаря разнесенным по вертикали электродам котла. Основной установкой является сопло ТСА. В результате математического мо-



Рис.17. Лабораторная экспериментальная установка

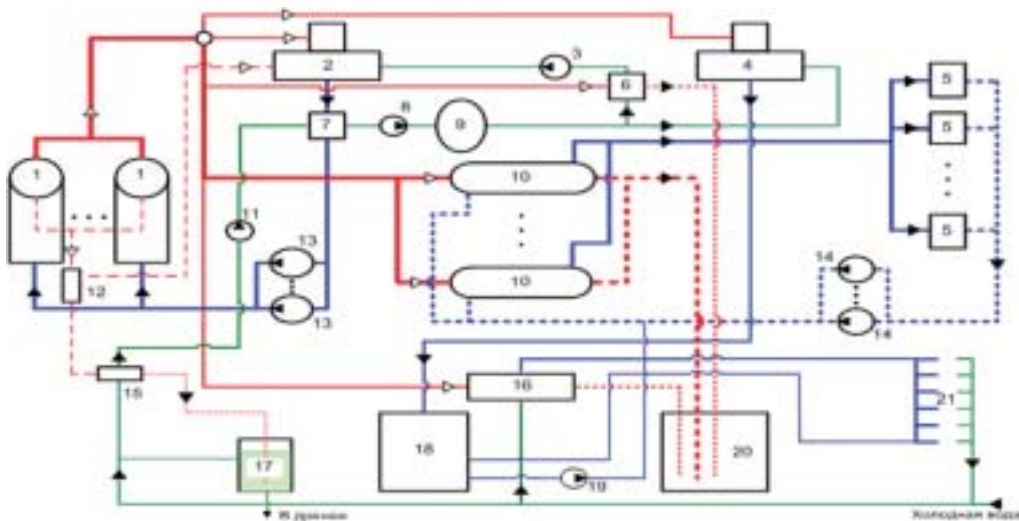


Рис.18. Типовая схема котельной установки для отопления и горячего водоснабжения. (1-Паровой котёл. 2-Деаэрактор подпитки котла. 3-Насос химочищенной воды. 4-Сетевой деаэрактор. 5-Потребители тепла. 6-Теплообменник – нагреватель химочищенной воды. 7-Теплообменник – охладитель питательной воды. 8-Насос сырой воды. 9-Фильтры системы химводоподготовки. 10-Сетевой теплообменник. 11-Насос сырой воды. 12-Сепаратор продувочной воды. 13-Питательный насос. 14-Сетевой насос. 15-Захлаживающий теплообменник. 16-Теплообменник горячего водоснабжения. 17-Барботёр. 18-Аккумуляторный бак. 19-Подпиточный насос. 20- Конденсатосборник. 21-Потребители системы горячего водоснабжения)

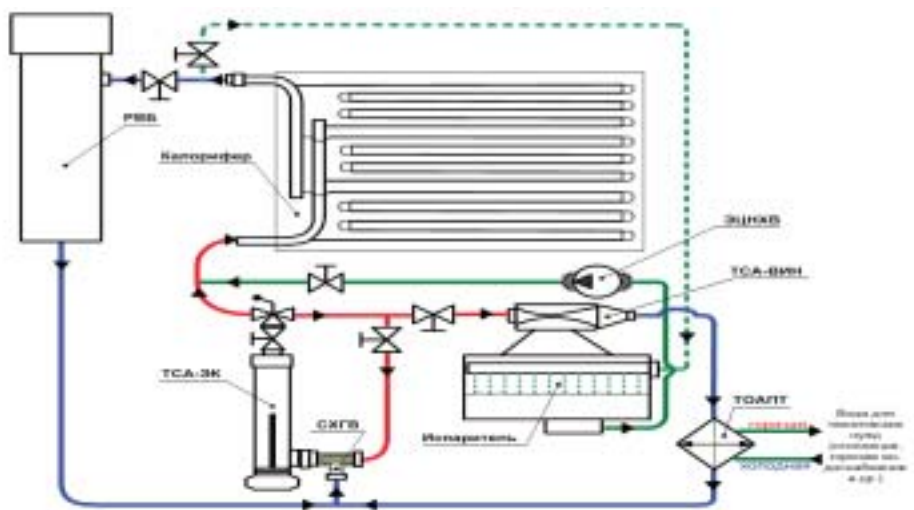


Рис.19. НИОКР «Комфорт». Малогабаритная универсальная установка кондиционирования воздуха в помещениях объектов МО РФ.

Профессор В.В.Фисенко присвоил своим аппаратам название трансзвуковые струйные аппараты (ТСА) потому, что однородная двухфазная среда проходит состояния дозвуковое – звуковое – дозвуковое – сверхзвуковое.

Для демонстрации и изучения явления при активном участии Ю.И. Кузякина была создана

делирования была получена оптимальная форма сопла рис.14, повторяющая форму природного смерча. Такая форма, как правило, требует минимального потребления энергии для того, чтобы ускорить или замедлить поток.

В расчётной модели В.В.Фисенко и в созданных на её основе ТСА оказалось возможным не

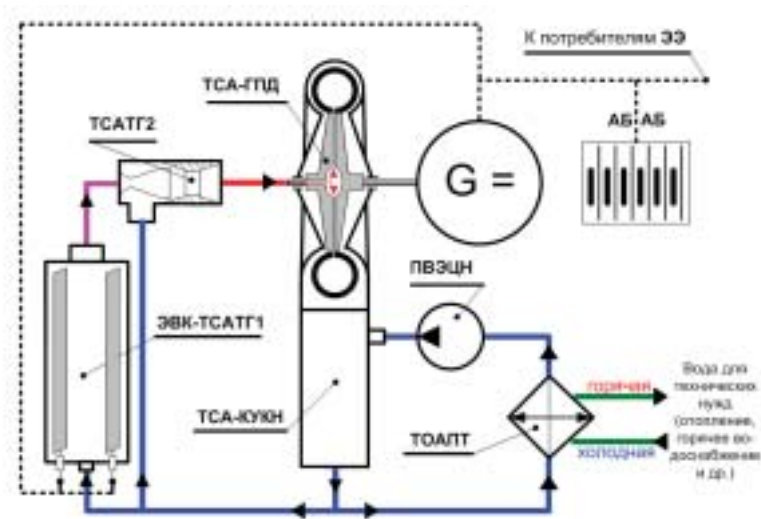


Рис.20. Принципиальная схема использования ТСА в ГЭУ (ВЭУ)

только получить на выходе давление большее, чем на входе в аппарат, но и получить на выходе аппарата температуру потока более высокую, чем температура сред на входе в него.

Преимуществами ТСА как теплообменника и/или теплообменника-насоса являются:

- простота конструкции и эксплуатации;
- малые габариты и масса при высокой энергоёмкости;
- большая экономичность;
- низкие затраты при использовании;
- высокая надёжность (безотказность и долговечность);
- удобство и простота технического обслуживания и ремонта;
- большой диапазон регулирования внешней нагрузки;
- многофункциональность – возможность выполнения наряду с функцией теплообменника и функции насоса во всем диапазоне нагрузок.

На 39-й Международной выставке изобретений в Женеве в апреле 2011 г. В.В. Фисенко были вручены «Золотая медаль» и диплом за лучшую разработку в области энергосбережения, а также «Специальная награда» и сертификат от Ассоциации изобретателей Тайваня за выдающуюся разработку, повышающую качество проживания.

На Международной выставке «Архимед-2007» было отмечено изобретение «Одноконтурная установка с ядерным реактором и трансзвуковыми струйными аппаратами» авторов из ВМА им. Кузнецова (Баранова Э.М., Кузякин Ю.И., Соловьев А.П.), позволяющее разработать малогабаритные энергетические установки, работающие без доступа воздуха и вредных выбросов в атмосферу, которые могут устанавливаться на морских транспортных и промышленных средствах освоения шельфовых зон России и зон экономической ответственности России в Мировом океане. Замена ряда блоков ЭУ трансзвуковыми струйными аппаратами позволяет исключить вращающееся оборудование (кроме турбины и электрогенератора) и паровую часть конденсационной установки, существенно (до 30%) снизить массы и габариты паротурбинной части энергоустановки и повысить долговечность ее оборудования.

Изобретение Баранова Э.М., Кузякина Ю.И., Никонова Е.Н. «Паротурбинная установка с трансзвуковыми струйными аппаратами» позволяет создать паротурбинные установки для АЭС, ТЭЦ, плавучих стационарных и транспортных энергетических установок, для котельных ЖКХ с качеством новым оборудованием, обеспечивающим повышение КПД энергоустановок, в том числе, КПД их термодинамического цикла.

Трансзвуковые струйные аппараты (рис.15) прошли проверку в качестве насосных агрегатов, теплообменных аппаратов смешительного типа, регуляторов расхода рабочих сред и других устройств в течение многолетней эксплуатации на объектах ЖКХ, промышленности России и различных стран мира (США, Украина, Казахстан, особенно широко Китай и др.).

Дополнительные плюсы ТСА

Геометрия сопла ТСА близка к форме природной воронки истечения жидкости. Соотношение диаметра к протяженности определяется параметрами, которые необходимо получить. Ещё одна особенность трансзвуковых струйных установок: температура среды, которая движется по трубе, не превышает 20-30° С. Температура

же пузырьков пара, равномерно распределенного по объему, достигает 600-700°С. Энергию такой двухфазной жидкости можно передавать на большие расстояния без теплоизоляции трубопроводов.

На рис.16 представлена конструкция ТСА, используемого на Кировском заводе. При разгоне однородного потока до скоростей, превышающих скорость звука, происходит изменение структуры воды на молекулярном уровне. Вода становится топливом, выделяется водород. Это позволяет надеяться на возможность создания энергетической установки, для которой углеводное топливо не потребуется вообще.

На рис.17 представлена установка, смонтированная в ВМА им. Н.Г.Кузнецова. Она также включает электродный котел. На 1 кВт потребляемой электроэнергии установка может производить до 10 и более киловатт тепловой энергии. Говорить о том, что её КПД>1 нельзя. Просто задействован механизм, позволяющий придать воде или однородной смеси такое состояние, при котором она способна отдавать часть энергии, накопившейся в ней в процессе её формирования. Дополнительная отдача энергии происходит за счет включения механизма изменения структуры воды. На выходе ТСА за счет изменения диаметра сопла происходит скачок давления и повышение температуры.

Помимо экзотического варианта – получения «дополнительной энергии», ТСА используются в традиционных системах теплообеспечения. На рис.18 представлена схема традиционной котельной установки для отопления и горячего водоснабжения, в состав которой входит 21 элемент. Использование струйной технологии позволяет исключить целый ряд элементов.

Перспективы струйных технологий

В настоящее время проектируется малогабаритная автономная универсальная установка (система «Комфорт») для кондиционирования воздуха (нагрева/охлаждения) рис.19, а также главная или вспомогательная энергетическая установка «ВИСТЭН» (экологически безопасная, универсальная, автономная), позволяющая получать дополнительную энергию рис.20. В её состав входят: электродный котел, ТСА, турбина, лопатки которой соответствуют форме сопла. Для запуска этого генератора необходим посторонний источник питания в виде аккумуляторной батареи или другого источника. После запуска система работает сама на себя. Однако реализация такой системы возможна при КПД струйной турбины или турбогенератора выше 70%.

Над созданием такого турбогенератора (с КПД>70%) работает ряд фирм, в том числе, завод им. Климова, Калужский турбинный завод. Если такая турбина будет создана, появится уникальная возможность создания источника электрической энергии без использования углеродного топлива. Природные процессы – прототипы струйных технологий подтверждают такую возможность.

На данном этапе развития России, когда за короткий промежуток времени предстоит интенсифицировать энергетику страны, использование струйных технологий при проведении ремонтных работ и модернизации существующих энергетических установок позволит при минимальных затратах повысить их мощность и существенно продлить сроки их эксплуатации.



М.Н. Тихонов,
эксперт журнала
«Атомная
стратегия».



М.И. Рылов, Генеральный
директор ООО «РЭСцентр»,
Вице-президент РЭК,
Санкт-Петербург, Большой
пр. П.С., 88/А

Дозообразующие радионуклиды

Продолжение. Начало в №53—59,61 за апрель—октябрь, декабрь 2011 г.

в общей проблеме безопасности жизнедеятельности человека

«То, что имеет основанием истину, следует напоминать, не боясь показаться надоедливым»
Н.И. Пирогов

16. Бериллий

Бериллий — элемент главной подгруппы второй группы второго периода Периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева с атомным номером 4. Обозначается символом Be (лат. Beryllium). Простое вещество бериллий — мягкий высокотоксичный материал серого цвета, имеет весьма высокую стоимость. Температура плавления 1278°C, температура кипения около 2470°C, плотность 1,816 кг/м³, до температуры 1277°C устойчив, твердый (легко режет стекло), стойкий к коррозии, серо-стального цвета металл. Значение электроотрицательности по Полингу 1,57. Бериллий характеризуется высокой хрупкостью. Химические свойства бериллия во многом похожи на свойства магния (Mg) и особенно алюминия (Al). Подробное исследование соединений бериллия было впервые произведено русским химиком И.Авдеевым, который определил эквивалентный вес бериллия. Открыт в 1798 г. французским химиком Луи Никола Вокленом. Большую работу по установлению соединений бериллия и его минералов провел русский химик И.В.Авдеев (1818-1865). Именно он доказал, что оксид бериллия имеет состав BeO, а не Be₂O₃, как считалось ранее.

Бериллий — мягкий, но не пластичный (легко разрушается) металл серебристо-белого цвета. Имеет высокий (в связи с чем ему ошибочно приписывается высокая твердость) модуль упругости — 300 ГПа (у сталей — 200 — 210 ГПа). На воздухе активно покрывается стойкой оксидной пленкой BeO.

Название бериллий произошло от названия минерала берилла (греч. beryllos) (силикат бериллия и алюминия, Be₃Al₂Si₆O₁₈), которое восходит к названию Белур (Веллур) в Южной Индии, недалеко от Мадраса; с древних времен в Индии были известны месторождения изумрудов — разновидности берилла. Из-за сладкого вкуса, растворимых в воде соединений бериллия, элемент вначале называли «глициний» (от греч. glykys — сладкий).

В 1828 г. немецкий химик Фридрих Ветер и француз А. Бюсси выделили из глицины металл. Этот металл от имени производившей его сладкой «земли», «сладкоземля», как до середины XIX в. называли глицину русские химики, был назван глицинием.

Разновидности берилла считаются драгоценными камнями: аквамарин — голубой, зеленовато-голубой, голубовато-зеленый; изумруд — густо-зеленый, ярко-зеленый; гелиодор — желтый; известны ряд других разновидностей берилла, различающихся окраской (темно-синие, розовые, красные, бледно-голубые, бесцветные и др.) Цвет бериллу придают примеси различных элементов. Изумруд содержит около 2% хрома, придающего ему зеленый цвет. Аквамарин своей голубой краской обязан примеси железа (II). Розовый цвет воробьевита обусловлен примесью соединений марганца (II), а золотисто-желтый гелиодор окрашен ионами железа (III). Промышленно важными минералами являются также фенацит, берtrandит, гельвин. Совершенно про-

зрачные изумруды очень редки и среди самоцветов зеленой окраски считаются самыми дорогими.

На долю бериллия приходится 0,001% (столько же, сколько и на цинк) от общего количества атомов земной коры. Поэтому бериллий можно считать достаточно распространенным элементом природы. Содержание бериллия в земной коре — около 3,5 г/т, обычно он встречается как примесь к различным минералам. Известно более 50 собственно бериллиевых минералов, но только 6 из них считаются более-менее распространенными: берилл, хризоберилл, берtrandит, фенацит, гельвин, даналит. Промышленное значение имеет в основном берилл, в РФ (Республика Бурятия) разрабатывается фенацит-берtrandитовое Ермаковское месторождение.

Изотоп ⁸Be отсутствует в природе, поскольку является крайне нестабильным и имеет период полураспада 10—18с. Стабильным является ⁹Be. Кроме ⁹Be в природе бериллий встречаются радиоактивные изотопы ⁷Be и ¹⁰Be. В виде простого вещества в XIX в. бериллий получали действием калия на безводный хлорид бериллия: BeCl₂ + 2K → Be + 2KCl. В настоящее время бериллий получают, восстанавливая его фторид магнием: BeF₂ + Mg → Be + MgF₂, либо электролизом расплава смеси хлоридов бериллия и натрия. Металлический бериллий получают восстановлением: BeF₂ магнием при 900—1300°C или электролизом BeCl₂ в смеси с NaCl при 350°C. Полученный металл переплавляют в вакууме. Металл высокой чистоты получают дистилляцией в вакууме, а в небольших количествах — зонной плавкой; применяют также электролитическое рафинирование. Исходные соли бериллия выделяют при переработке бериллиевой руды.

На воздухе бериллий, как и алюминий, покрыт оксидной пленкой, придающей бериллию матовый цвет. Наличие оксидной пленки предохраняет металл от дальнейшего разрушения и обуславливает его невысокую химическую активность при комнатной температуре. При нагревании бериллий сгорает на воздухе с образованием оксида BeO, реагирует с серой и азотом. С галогенами бериллий реагирует при обычной температуре или при слабом нагревании.

При нагревании выше 800°C быстро окисляется. С водой до 100°C бериллий практически не взаимодействует, легко растворяется в плавиковой, соляной, разбавленной серной кислотах, слабо реагирует с концентрированной серной и разбавленной азотной кислотами и не реагирует с концентрированной азотной. Растворяется в водных растворах щелочей, образует соли бериллаты. При комнатной температуре реагирует с фтором. Температура перехода бериллия из хрупкого состояния в пластическое 200-400°C.

При высоких температурах бериллий взаимодействует с большинством металлов, образуя бериллиды; с алюминием и кремнием дает эвтектические сплавы, Растворимость примесных элементов в бериллии чрезвычайно мала. Мелкодисперсный порошок бериллия сгорает в парах серы, селена, теллура. Расплавленный бериллий взаимодействует с большинством оксидов, ни-

тридов, сульфидов и карбидов. Единственно пригодным материалом тиглей для плавки бериллия служит оксид бериллия.

Соли бериллия сильно гигроскопичны и за небольшим исключением (фосфат, карбонат) хорошо растворимы в воде, их водные растворы вследствие гидролиза имеют кислую реакцию. Фторид BeF₂ с фторидами щелочных металлов и аммония образует фторбериллаты, например Na₂BeF₆, имеющие большое промышленное значение. Известен ряд сложных бериллийорганических соединений, гидролиз и окисление некоторых из них протекают со взрывом.

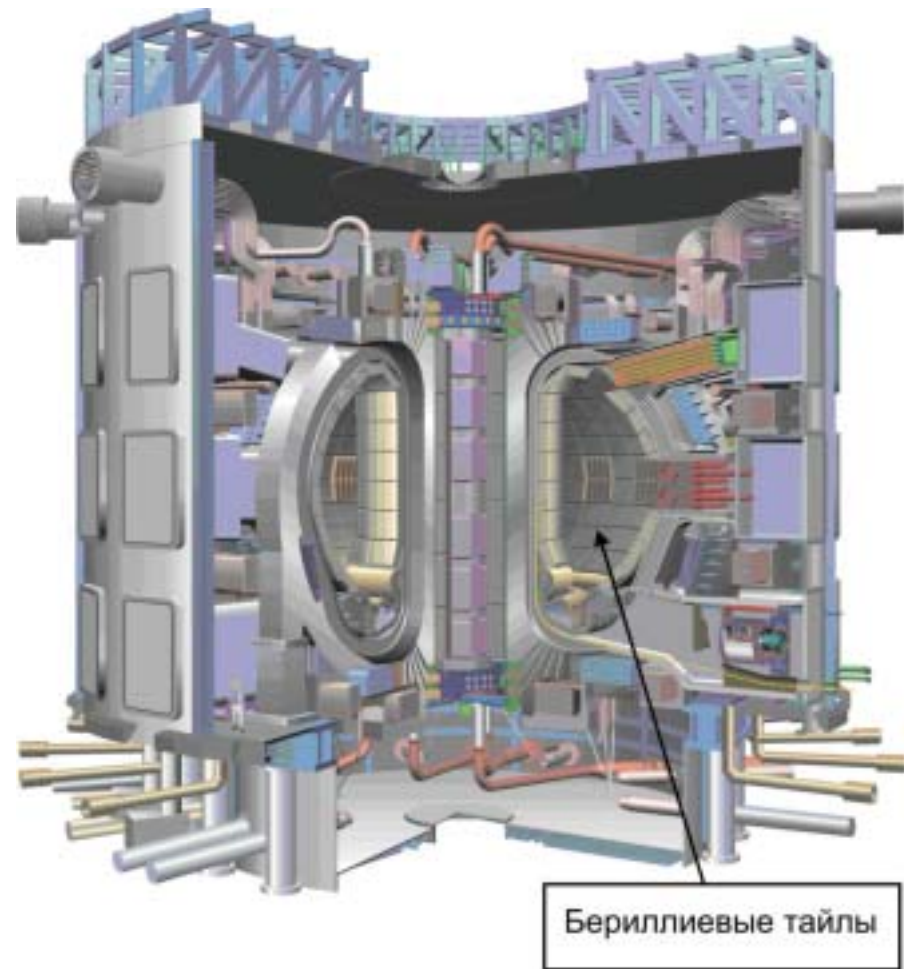
Бериллий обладает наиболее высокой из всех металлов теплоемкостью, 1,80 кДж/(кг°C) или 0,43 ккал/(кг°C), высокой теплопроводностью, 178 Вт/(м·К) или 0,45 кал/(см·сек·°C) при 50°C, низким электросопротивлением, 3,6-4,5 мком·см при 20°C; коэффициент линейного расширения 10,3 — 131 (25-100°C). Эти свойства зависят от качества и структуры металла и заметно меняются с температурой.

Широкое производство чистого бериллия началось после 2-й мировой войны. Переработка бериллия осложняется высокой токсичностью летучих соединений и пыли, содержащей бериллий, поэтому при работе с бериллием и его соединениями нужны специальные меры защиты.

Хотя бериллий и редкий элемент, но он не является рассеянным, так как входит в состав поверхностных залежей берилла в пегматитовых породах, которые последними закристаллизовались в гранитных куполах. Есть сообщения о гигантских бериллах длиной до 1 м и массой до нескольких тонн. Известно 54 собственно бериллиевых минерала.

В производстве металлического бериллия доминируют США (американская фирма «Brush Wellman», базирующаяся в Кливленде). Китай и Казахстан также имеют производственные мощности по выпуску металлического бериллия. Потребление бериллия в США, где этот металл применяется больше всего, в 2000 г. составило примерно 260 т (по содержанию металла), из которых 75% использовалось в виде медно-бериллиевых сплавов для изготовления пружин, соединителей и переключателей, применяемых в автомобилях, летательных аппаратах и компьютерах. В течение 1990-х г. цены на медно-бериллиевые сплавы оставались стабильными и составляли примерно 400 долл. за 1 кг бериллия.

Мировые природные ресурсы бериллия оцениваются в более чем в 80 тыс.т (по содержанию бериллия), из которых около 65% сосредоточено в США, где основным бериллиевым сырьем является берtrandитовая руда. Ее подтвержденные



Проект ITER (ИТЭР) — Международный термоядерный исследовательский реактор. Для тепловой защиты корпуса реактора и снятия тепловой энергии плазмы, по всей внутренней поверхности предусмотрена установка экранов с использованием Бериллия.



Кадмий — мягкий ковкий серебристо-серый металл

покрывают светящиеся экраны приборов. Под действием рентгеновских или гамма-лучей кристаллы этой соли начинают ярко светиться желто-зеленым цветом. Соединения бария используют в качестве носителя при извлечении радия из урановых руд.

Оксид бария совместно с оксидами меди и редкоземельных металлов применяется для синтеза сверхпроводящей керамики, работающей при температуре жидкого азота и выше. Фторид бария применяется в виде монокристаллов в оптике (линзы, призмы). Хромат бария используется при получении водорода и кислорода термохимическим способом (цикл ОкРидж, США).

Прокаливаемая окись бария при 500-600°C начинает поглощать кислород воздуха, образуя перекись бария BaO_2 . Однако при дальнейшем нагреве (выше 700°C) от перекиси бария отщепляется кислород, и она вновь переходит в окись. В XIX в. этими реакциями пользовались для получения кислорода: окись бария превращали в перекись, а затем, нагревая последнюю, получали кислород. Этот метод применяли до 90-х годов прошлого века, пока не был найден способ извлечения кислорода из жидкого воздуха.

Фторид бария используется в твердотельных фторионных аккумуляторных батареях в качестве компонента фторидного электролита. Оксид бария используется в мощных медноокисных аккумуляторах в качестве компонента активной массы (окись бария-окись меди). Сульфат бария применяется в качестве расширителя активной массы отрицательного электрода при производстве свинцово-кислотных аккумуляторов. Пероксид бария используется для пиротехники и как окислитель. Нитрат бария и хлорат бария используется в пиротехнике для окрашивания пламени (зеленый огонь). Зеленая окраска пламени — «визитная карточка» бария, даже если он присутствует в микроскопических количествах. В состав зеленого бенгальского огня входят $Ba(NO_3)_2$, $BaCl_2$.

Цены на металлический барий в слитках чистотой 99,9% колеблются около 30 долл. за 1 кг.

Биологическая роль бария изучена недостаточно. В число жизненно важных микроэлементов он не входит. Все растворимые соли бария сильно ядовиты. Годовое ПДП ^{140}Ba для персонала через органы дыхания составляет $4,07 \cdot 10^6$ Бк/год. ДК ^{140}Ba в воздухе производственных помещений $16,28 \cdot 10^{-1}$ Бк/л, в воде — $9,25 \cdot 10^2$ Бк/л, в атмосферном воздухе $5,55 \cdot 10^{-2}$ Бк/л.

^{140}Ba (растворимые соединения) хорошо всасывается в ЖКТ (50-60%) и избирательно накапливается в скелете (65%). При парентеральном введении через 24 ч выделяется с калом до 30%, с мочой выделение незначительное, ^{140}Ba относительно быстро удаляется из кровяного русла.

Многие инфекционные болезни животных появились у людей после одомашнивания животных разных видов (около 120–130 болезней животных опасны для человека).

Врачам помогает барий. Его сернокислую соль применяют при диагностике желудочных заболеваний. $BaSO_4$ смешивают с водой и дают проглотить пациенту. Сульфат бария непрозрачен

для рентгеновских лучей, и поэтому те участки пищеварительного тракта, по которым идет «бариевая каша», остаются на экране темными. Так врач получает представление о форме желудка и кишок, определяет место, где может возникнуть язва.

18. Кадмий

Кадмий (от греч. *kadmeia* — цинковая руда; лат. *Cadmium*) Cd, химический элемент II группы Периодической системы, атомный номер 48, атомная масса 112,41. Природный кадмий состоит из восьми стабильных изотопов: ^{106}Cd (1,215%), ^{108}Cd (0,875%), ^{110}Cd (12,39%), ^{111}Cd (12,75%), ^{112}Cd (24,07%), ^{113}Cd (12,26%), ^{114}Cd (28,86%), ^{116}Cd (7,58%). ^{113}Cd — β -радиоактивен. Известны радиоактивные изотопы кадмия с массовыми числами 103-105, 107, 109, 115-119. Кадмий открыл Ф. Штроемeyer в 1817 г.

Cadmium — серебристо-белый металл с гексагональной плотноупакованной кристаллической решеткой, т.пл. 321,1°C, т.кип. 766,5°C; плотность 8,65 г/см³.

Содержание кадмия в земной коре $1,35 \cdot 10^{-5}$ % по массе, в воде морей и океанов 0,00011 мг/л. Известно несколько очень редких минералов, например, гринокит CdS , отавит $CdCO_3$, монтепонит CdO . Кадмий накапливается в сульфидных рудах, в превую очередь, в сфалерите (0,01-5,0%), особенно в маложелезистом, а также в галените (до 0,02%), халькопирите (до 0,12%), пирите (до 0,02%), блеклых рудах и станнине (до 0,2%). Извлекается попутно при переработке свинцово-цинковых и медных руд. Общие мировые ресурсы кадмия оцениваются в 20 млн т, промышленные — в 600 тыс. т. Мировое производство кадмия (без СССР) около 5000 т/год (1980 г.). Основные производители — Япония, США, Бельгия, Канада, ФРГ, Австралия, Перу. Содержится в малых количествах в большинстве цинковых руд и при добытии цинка получается в качестве побочного продукта; может быть также получен электролитическим путём из растворов $ZnSO_4$, содержащих кадмий.

Белый блестящий металл, удельный вес 8,6–8,7, тверже олова, но режется ножом, плавится при 320,9°C. В сухом воздухе не изменяется, во влажном же покрывается очень тонким слоем основного углекислого кадмия. В HCl и разведенной H_2SO_4 растворяется медленнее, чем цинк; в азотной кислоте легко растворяется с образованием окислов азота. В соединениях кадмий двухвалентен. Растворимые его соединения ядовиты. По своим физическим, химическим и фармакологическим свойствам кадмий принадлежит к группе тяжёлых металлов, имея более всего сходства с цинком и ртутью.

Диамагнитен; магнитная восприимчивость $-0,176 \cdot 10^{-9}$ (20°C). Стандартный электродный потенциал $-0,403$ В. Мягкий ковкий тягучий металл, хорошо вальцуется в листы, легко поддается полированию. Палочки кадмия при сгибании издадут треск подобно олову. Твердость по Моосу 2,

по Бринеллю (для отожженного образца) 200-275 МПа; модуль Юнга 63 ГПа; предел текучести 9,8 МПа; срост 69 МПа; относительное удлинение 50% (20°C). В сухом воздухе кадмий устойчив, во влажном на его поверхности медленно образуется тонкая пленка оксида, предохраняющая металл от дальнейшего окисления. На воздухе выше температуры плавления кадмий сгорает с образованием бурого оксида CdO . Пары кадмия реагируют с парами воды с выделением водорода. Медленно взаимодействует с минеральными кислотами (легче всего с HNO_3) с образованием солей. Соли кадмия бесцветны. Ниже 0,519 К кадмий — сверхпроводник.

Основные источники кадмия — промежуточные продукты цинкового производства: медно-кадмиевые кеки (осадки металлических Cd, Cu и Zn, полученные после очистки растворов $ZnSO_4$ действием цинковой пыли; содержат 2-12% кадмия), пуссыеры (летучие фракции при дистилляционном получении Zn; 0,7-1,1% кадмия), летучие фракции, выделенные при ректификационной очистке Zn (до 40% кадмия). Кадмий извлекают также из пылей свинцовых (содержат 0,5-5% кадмия) и медеплавильных (0,2-0,5% кадмия) заводов.

Пыли обычно обрабатывают концентрированной H_2SO_4 , а затем выщелачивают водой; из растворов кадмий осаждают в виде кека вместе с медью. Из медно-кадмиевых кеков и других продуктов с высоким содержанием кадмия его обычно выщелачивают H_2SO_4 при одновременной аэрации воздухом; процесс ведут в присутствии окислителя — марганцевой руды или оборотного марганцевого шлама из электролитных ванн. Из растворов одно- или двукратным осаждением цинковой пылью выделяют кадмиевую губку; растворяют губку в H_2SO_4 , H_2SO_4 , очищают раствор от примесей действием ZnO или Na_2CO_3 , методами ионного обмена и др.

Кадмий выделяют электролизом на алюминиевых катодах, либо цементацией на цинке (вытеснением цинка CdO из растворов $CdSO_4$) с использованием центробежных реакторов-сепараторов. Рафинирование металлического кадмия обычно заключается в переплавке металла под слоем щёлочи (для удаления Zn и Pb), иногда с добавлением Na_2CO_3 , обработке расплава алюминием (для удаления Ni) и NH_4Cl (для удаления Ti). Кадмий высокой частоты получают электролитическим рафинированием с промежуточной очисткой электролита (ионным обменом, экстракцией и др.), ректификацией металла (обычно при пониженном давлении), зонной плавкой и другими кристаллизационными методами. Сочетанием этих способов получают кадмий с содержанием основных примесей (Zn Cu и др.) 10-5% по массе. Для очистки кадмия могут быть также использованы методы электропереноса в жидком кадмии, электрорафинирования в расплаве NaOH, амальгамного электролиза. При сочетании зонной плавки с электропереносом, наряду с очисткой, может происходить и разделение изотопов кадмия. ^{109}Cd получают по реакции ^{108}Cd (n, γ) или без носителя по реакции ^{109}Ag (p, n).

Качественно кадмий обнаруживают после отделения других элементов по образованию желтого осадка CdS при действии H_2S . Для определения малых концентраций кадмия применяют флуоресцентные, фотометрические, нейтронно-активационный, атомно-абсорбционный и другие методы.

Кадмий в основном (около 40%) используют для нанесения антикоррозионных покрытий на металлы. Высокая пластичность таких покрытий обеспечивает герметичность резьбовых соединений. Кадмиевые электроды применяют в аккумуляторах (~20%), нормальных элементах Вестона. Используют кадмий для получения пигментов (~20% кадмия) и специальных припоев, полупроводниковых материалов, стабилизаторов (~10%), пластмасс (например, поливинилхлорида), как компонент антифрикционных, легкоплавких и ювелирных сплавов, для изготовления регулирующих и аварийных стержней ядерных реакторов.

Сернистый кадмий применяется в качестве краски (желтый цвет). Кадмий входит в состав легкоплавких сплавов (например, металл Вуда). Кадмий и его соединения применяются в химических и физических лабораториях, в фотографии (при фотографировании в ультрафиолетовом свете определенной длины волны в электрической вольтовой дуге образуется некоторое количество паров кадмия). Арсенид Cd_3As_2 — материал для магнеторезисторов, ИК-детекторов, датчиков эффекта Холла и др. Фосфид Cd_3P_2 — перспективный лазерный и полупроводниковый материал.

Соли кадмия применяются клинически местно (вяжущее и антисептическое действие), а за последнее время также и с целью резорптивного действия. Подобно солям других тяжелых металлов (Hg, Bi, Au и пр.) соли кадмия в последнее время предложены для лечения сифилиса, в комбинации с сальварсаном они дают чрезвычайно сильный эффект. $Cadmioil$ (10%-ная масляная взвесь *Cadmii subsalicylici*) вводят внутримышечно по 0,5-1,0 см³ 2 раза в неделю. Применялся также и против различных форм малярии, предлагают также комбинировать его применение с хинином для усиления действия последнего. Легкоплавкие сплавы металлического кадмия с висмутом, оловом или оловом и висмутом применяются в зубной практике (кадмиевая амальгама).

Растворимые соединения кадмия (сернокислые, углекислые соли, окись кадмия), вводимые в организм животных ежедневно в небольших количествах, вызывали хроническое отравление, выражающееся в резком похудении, уменьшении количества Hb, жировом перерождении печени и сердечной мышцы, воспалении почек; наблюдалась также усиленная секреция в верхних дыхательных путях и в конъюнктиве. В общем кадмий по своему действию на организм напоминает отчасти ртуть, отчасти цинк; токсичность его в 2-3 раза сильнее цинка.

Пары кадмия и его соединений токсичны, причем кадмий может накапливаться в организме. Симптомы острого отравления солями кадмия: рвота и судороги. Растворимые соединения кадмия после всасывания в кровь поражают центральную нервную систему, печень и почки, нарушают фосфорно-кальциевый обмен.

Острое отравление у теплокровных проявляется рвотой, поносом, гастроэнтеритом (тенезмы, выделение гноя и слизи), явлениями раздражения почек; далее отмечено возбуждение центральной нервной системы (клонические судороги) с исходом в паралич, предшествуемый потерей сознания. Смерть наступает от остановки дыхания. Действие на сердечно-сосудистую систему не резкое. На вскрытии — дегенеративные изменения в паренхиме почек, резкая гиперемия и кровоизлияния во всех брюшных органах, особенно в кишечнике и половых органах.

Хроническое отравление приводит к анемии и разрушению костей. ПДК (рекомендованная) в сточных водах для солей 0,1 мг/л, в питьевой воде 0,01 мг/л.

Радиоактивные изотопы кадмия используют в методе меченых атомов. В организме заражение радиоактивными изотопами кадмия диагностируется по измерению 5-излучения от биосубстратов. Для ^{109}Cd , ^{115m}Cd , ^{115}Cd группа радиационной опасности В, МЗА = $3,7 \cdot 10^5$ Бк. При работе с радиоактивными изотопами кадмия необходимо соблюдать санитарные правила ОСПОРБ-99/2010 и нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009 с применением специальных мер защиты в соответствии с классом работ.



Д.А.Тайц, к.ф.-мл.

Сквозь полупосеребренное зеркало

Тут Алиса оказалась на каминной полке, хоть сама не заметила, как она туда попала. А зеркало и точно, стало таять, словно серебристый туман по утру. Через миг Алиса прошла сквозь зеркало и легко спрыгнула в Зазеркалье.

Л. Кэрролл. Алиса в Зазеркалье

Известный физик-теоретик Я.А.Сморodinский, читая Льюиса Кэрролла, замечает, что картина мира, созданная физиком это нереальная (в деталях) реальность, в то время как сказочная картина художника реальная (в деталях) нереальность. Можно предположить, что устремление друг к другу и даже объединение этих картин отвечает полноте постижения. Об этом, собственно, здесь и пойдет речь.

Действительно, о какой реальности можно говорить, обозревая горстку символов в формулах Иоганна Кеплера, математическим «зеркалом» отражающих движение Луны и планет Солнечной системы (надо сказать весьма точно) и, в то же время, сомневаться в истинности лунного серпа и яркой Венеры на холсте ночного пейзажа Куинджи! Представьте, насколько прекрасней, даже совершенней покажется этот пейзаж искусственному, понимающему, как язык художника, так и математика. Если вдуматься, то не возможно наладить контакт с постигаемым, пытаться вывести его тайну, а тем более, выйти на разговор, употребляя «конечный», утилитарный язык обычной жизни.

Тысячелетия приспособили и даже создали иные языки. Они обрели определенную форму, они, в некотором роде, более скованы, а в некотором свободнее своего житейски-прозаического прототипа. Они расширяют рамки использования слова за пределы обычного употребления. Они не боятся соскальзывать и приближаться к бесконечному, обращаться к его образам и символам и дружить с многоосновной логикой..., короче, они не естественны. Они — это языки поэтов и математиков. Естественный язык дан для поддержания жизни: защита, пища, кров, потомство. Это дар природы, несколько избыточный дар, подобный стереоскопическому зрению или слуху (хватило бы и одного глаза и уха). Например, стихотворная речь избыточна, неестественна, она не пригодна для добычи пищи. И, если она и являлась когда-то, как бы, сама собой в стихоподобной или знаковой (протоматематической) форме, то только для уяснения своего места во Вселенной и прошения о хлебе (как язык общения со сверхъестественной сущностью).

Говорить стихами трудно, неудобно, это, как заметил Антон Чехов, «все равно, что танцевать со спутанными ногами». Стихи, как и теоремы не естественны, они не нужны в быту и в повседневности. Лев Толстой, в присутствии ему стиле острашения, в ночь с 28 на 29 июля 1909 года занес в дневник: «Не буду говорить о тех миллионах глупостей и гадостей... когда набирают слова так, чтобы концы были одни и те же, и, составив вместе, как потом восхищаются этим набором слов, называя это поэзией».

Ясное дело математика, но и стихи туда же! Они строятся по своим особым не числовым правилам исчисления. Это определенный, специфический вид «математики», выказывающей себя не только в правилах распределения строк, слогов, ударений, созвучий, но и в более утонченном «шефстве» некоей математической индукции над подбором слов и их гармонией, игрой логик и смыслов.

О математике нельзя сказать, что она неесте-

ственна, она противоестественна, как и та часть естество(!)знания, которую называют математической физикой. Поэт не найдет на дереве увешанном яблоками или в облике Пизанской башни не то что четырех-вектора тензора энергии, но даже ускорения силы тяжести. В огне свечи, горящей на столе, не разглядит ни логарифма энтропии, ни соударения упругих шаров... Физик, может быть и увидит, но, как и для стихотворца, не обрушение съедобность или пожар предстанут умственному взору.

Взор проникновенного сознания, устремлен к смыслу и неправомерно, нестираемо являет собой сверхреальное (т.е. сверхъестественное, если естественной считать внешнюю материальность). Оно-то, сознание, и есть истинная реальность, о чем оно знает абсолютно твердо. Неопровергаемый факт самосознания, реальность мышления требуют бытия платоновского мира идеальных сущностей, визитная карточка которого — математика. Эманация Мира Платона пронизывает предметную, вещную Вселенную всеми идеями возможными в отображении ума и речи, всей прошлой и будущей математикой и, конечно, уж такими «мелочами», как предстоящие «Нобелевские лекции» или решения дифференциальных уравнений в частных производных. Именно от того Мира, а не от «мира сего», в дополнение к естественной, мирской речи ниспослано «Мойсеево косноязычие», называемое математикой и (или) поэзией, «акцент», который по существу, именно по существу, знак родства с иной действительностью. («Я буду при устах твоих» — сказал Бог заикающемуся Мойсею).

«Иная реальность» пробивается сквозь «броню небытия» не только гармонией слов и знаков, но и тем, что поэтическая составляющая сознания с помощью абстрактной математической мысли начинает созидать сверхприродное в мире вещей.

Белка, собирая в дупле орехи, не заметит пропажу части запаса. Шумерский или вавилонский купец, сложив в амбар урожай в мешках с нескольких полей, легко обнаружит сколько украдено, не нуждаясь в помощи свидетелей преступления. Это и есть магия математики, сверхъестественное чудо про-видения.

Естественно течение воды в ручье или реке, горение костра или лучины. Неестественны вода из крана, свет электрической лампы. Появление этих несообразных природе вещей обязаны за предельной природе языка математики и (или) поэзии. Да, да, и поэзии, в широком понимании. Сцепление этих форм, породило страсть овеществления идеала, стремления воспользоваться какой-то частью математической мощи для создания мира небывалых вещей, очень удобных, ныне уже необходимых, но, увы, иногда и опасных. Не найти более яркого примера эстетической, сверхъестественной, даже божественной силы, чем тот, что демонстрируют уравнения Клерка Максвелла (десяток строк). Творец математического шедевра не думал ни о приложениях, ни о грандиознейших последствиях — явления Новой Цивилизации. Взаправду материализовались старинные пассы магов, разрешившие «не живому» думать, говорить, петь; живым — переговариваться и слышать любого на Земле и за ее пределом; за чашкой кофе и чтением газеты пе-

ренестись на другой континент; делать видимой любую художественную фантазию. «Сверх-и-не» естественная речь математиков и поэтов обратили сверхъестественное сказки в вещественный субстрат земного бытия.

Математические и стихотворные формы утверждений родственны по существу. Обе сочетают лаконичность с удивительной емкостью, поэзия способна передать различные оттенки смысла с краткостью не доступной прозе. Обе формы выражения допускают свободу развернутого толкования и разнообразие приложений. Вместе с тем, манера обоснования (доказательства) утверждений совершенно различна. В математике обязательно построение цепочки силлогизмов («Это, в силу того, того, что...»), цепочки бесконечной, вынужденной обрываться на каком-то этапе, «на веру». В поэзии же, отказ от силлогизмов принципиален. Обоснование выражено предельной, недостижимой для силлогизма установкой: «Вот это так, и все тут...», т.е. поэзия непосредственно апеллирует к беспредельному, что не разрешено математической физике.

Итак, есть формы высказывания неисчерпаемой содержательности и глубины. Их родовой признак — красота и привлекательность, их особенность — концентрация множества смыслов, ограниченным числом слов (символов). Вот пример стихотворной формулы, сходственной по мощи кинетическим законам механики с их рациональностью, однозначной определенностью (назовем этот стих «ньютонским»).

Как государство богатеет,
И чем живет, и почему
Не нужно золота ему,
Когда простой продукт имеет.

Целое государство, даже Европа с оптимистическим прогнозом на будущее, уместилось здесь. Вряд ли, кто-то считал, сколько десятков тысяч слов заняло в трудах Адама Смита обоснование идей, наполняющих эти четыре строки,

но, безусловно, исчезли сочинения британца, все равно, нынешние политэкономические труды, включая Нобелевские, можно было бы отнести к развернутому комментарию этой 34-х слоговой формулы. В четырех строках: государство и все сущностные действующие силы, цели и механизмы экономической политики, мало того, угадывается будущее двух ее важнейших форм.

«государство богатеет» = Развитие процветание.

«живет» = спокойствие, равновесие, без революций.

«Не нужно» = самодостаточность за счет труда.

«... золота» = золото не только желтое, но и «черное, голубое» — опоры сырьевой колониальной экономики

«простой продукт» (курсив А.С.П.) = продукт производства, ума, интеллекта, инноваций, образования.

«имеет» = умеет, знает. Ресурс государства.

А вот другой пример, тоже «вмещающий государство», сверхъестественный по сочетанию глубины, лаконичности и точности. Эта стихотворная формула (33 слога) создана спустя 151 год и 19 дней (по датировкам авторов). Дух и суть выраженного трехстишем сопоставимы с тем, что следует из знаменитой трехбуквенной формулы Больцмана, мрачного «высказывания» о неизбежности роста энтропии (деградация, умирание, рассеяние). В трехстишье (назовем его «больцмановским») о том же, что и в «ньютонском», но зеркально, по сущности, перевернутом: верх с низом, начало с концом, надежда с безнадёжностью, смысл с бессмыслием.

Там схож закат с порезом.

Там вдалеке завод дымит, гремит железом,
не нужным никому: ни пьяным, ни тверезым.

«Там» = чуждое, далекое.

«закат с порезом» = закат государства, кровавое прошлое, близость конца.

«вдалеке» = отчужденное от людей.



«завод дымит, гремит железом» = бессмысленное, вредное, не производящее «простой продукт».

«не нужным никому» = (сравни «не нужно» с предыдущим «ньютоновским» ростом). Там, «не нужно» потому, что есть, здесь потому, что нет. Там слово кончается 20 слогом, тут начинается с 21-го).

«ни пьяным, ни тверезым» = социологический, демографический финал.

Картина, подобная отображенной этим трехстишем, переданная прозой, даже самой совершенной, заняла бы десятки страниц. В этом легко убедиться, читая Андрея Платонова или Зоценко.

Эти две стихотворные формулы, «ньютоновская» и «больцмановская» родственны и противоположны. Каждая форма зеркальна — «зазеркальна» для другой (в «зазеркалии» часы идут в обратном направлении). Объединяясь в сознании они, подобно телу и антителу, аннигилируют в окончательное, предельно низкое почти бесформенное состояние:

Других примет там нет —
загадок, тайн, диковин.

Пейзаж лишен примет и горизонт неровен.
Там в моде серый цвет —
цвет времени и бревен.
(«Пятая годовщина» И. Бродский)

Изобразительные, концентрирующие средства стиха острее, чем у прозы, поэтому часто изложенное стихом короче, а смысловая выразительность, отнесенная на число использованных слов, выше.

Существование великих стихотворных образцов коротких и емких искушают воспользоваться стихоподобными формами, например для изложения увлекательных, завораживающих, парадоксальных идей даже естественнонаучных и математических. Ведь такого рода идеи, если они и проникают в общество, то растворяются в гуманитарных взглядах и проявляются уже без научного одеяния. Пространство и особенно время, к которым чувственно и эмоционально привязан художник, даже не упоминающий эти сущности, те же объекты которыми занимается физика называя их. И это так, поскольку пространство-время проецируется на человеческую природу дабы разделить его зрением и языком. «Гремящий говорит миру и вот мир начинает говорить ему» (Г. Башляр). Изложение теорем или принципов естественности стихоподобной формой отличается безответственностью от дисциплинированной строгости изречений науки, но в этом, может быть и их прелесть. Тем более творческие формы поэтики не запятнаны грехом подавления спиритуалистического сознания, чего не скажешь о языке рационалистической пост ньютоновской физики. Поэтическое и математическое, сталкиваясь в умах «интерферируют», добавляя эмоции и, даже, окраску абстракциям, усиливая интерес и понимание.

Полупосеребрянное зеркало — прибор величайшей важности в естественных науках. Именно такие зеркала открыли возможность появления и теории относительности и квантовой механики. Зеркало — предмет мистический, оно преобразует реальность в четко очерченную, оптически не отличимую ирреальность. Это предмет, «издревле ставивший в тупик детей, философов и дикарей» (Г.К. Честертон). Полустихотворная форма для сознания — аналог полупосеребрянного зеркала. Оно, пропускает через себя понимание отраженное в стихе и направляет обратно, на воссоединение с исходным, например, математическим смыслом изложения. Короткие полустишки рефлектирующие или паразитирующие на утверждениях науки — полуотражающее зеркало. Зеркало не несет ответственность даже если в нем отразилось преступление, хотя на «кривое» можно и «попенять».

Здесь попытки показать такие зеркала. Конечно кривоватые. Их размер по числу слогов не должен превышать приведенных образцов. Есть формы с ограниченным числом строк и слогов каждой строки. Например, пятистрочного стихотворения без рифмы и явно ошутимого метра. В первой и третьей строке 5 слогов, в остальных — 7. «Танка», так называется это. Сама числовая характеристика 31-ой слоговой миниатюры определяется простыми

не расчленяемыми на множители числами: 31 слог, 5 строк (3 и 2), из 5 и 7-и слогов. Хочется, что бы клейма пяти «колоколов» цифр в строках уподобились репейнику, цепляющему суть и смысл базового изречения, и из высказываний по темам физики отделили то, что увенчано приставкой «мета».

Наверно, в языках с преобладанием односложных слов, много проще, но в русском... Что ж, лишней раз задумаешься. Тема и повод писания не «стихоподобные» ни для медитации, ни для созерцательной грусти (тем более составитель отдает отчет в своей художественной несостоятельности)... Трепет эпохи Новой Физики ощутим везде, куда бы она не шагнула, а у нас, к тому же, здесь, еще не стерлись следы эпохи трепета и страха порожденные борьбой с этой физикой.

Казалось, безрассудно использовать образы животных в математически ориентированных науках. Разве не достаточно того, что сухая абстракция мысли и без опоры на символы одухотворенного, как раз и есть высшее свидетельство живого сознания? Издревле животные участники организации мироустройства, герои логических и математических задач (черепаша Зенона). Многие почитались как причастные к тайнам мира.

Кошки — хранители загадок Вселенной, они знают как можно их разрешить (убедитесь, взглянув на Сфинксов в Санкт — Петербурге). Мышь — знающая тайные ходы, всепроникающая и прозорливая, неведомо куда исчезающая и, испугав свою малость, готовая нагрянуть вместе с гигантской ордой. Петух — чудесная птица, компенсирующая неспособность летать благородной осанкой и смелостью. Это он взлетел на шпили церквей. Он администратор ночной стражи, провозвестник завершения ночи и наступления утра. Его крик пробуждает ото сна разум, изгоняет «нечистых» и лень...

В наше время, мыслители, занятые (математически) вещами не связанными чувственным восприятием, охотно призывают животных и даже демонов в свои помощники. Очень ярк Эйнштейн, его герои: слепой жук, бабочка, крот, козел и даже «шарики», которые он производит, мышь..., а так же, говядина, бульон, шуба, гардеробный номерок. Впрочем, это уже не одушевленное.

Здесь, очень условно, пятистишья разбиты на пять «анималистических» групп.

«Мышь Эйнштейна». «Воздействует ли на вселенную мышь, когда смотрит на звезды?» В этом вопросе отца теории относительности весь сущностный потенциал установки постигающего релятивистский мир, основание сакральной тайны скрытой за словами «принцип Маха».

«Кошка Шредингера». «Мы обсудим проблемы, возникающие в парадоксальном мысленном эксперименте с «кошкой Шредингера» и способы решения этой ключевой головоломки» (Р. Пенроуз). Действительно ключевая для восприятия и принятия квантовой физики.

«Петух Канта». «В 1775 году Кант снова переменил квартиру. Его изводил соседский петух, горланявший под окнами. Философ предлагал любые деньги, чтобы петуха прирезали, но хозяин не хотел с ним расставаться» (А. Гулыга). На новой квартире, куда изгнал его петушиный крик, Кант написал свою первую «Критику...». Это творение на все времена, по существу, о природе не времен, но времени — загадочного властителя имеющего гордого и голосистого глашатая.

«Кошка и мышь». «Более того, само понятие времени теряет здесь смысл. Даже слово «до» здесь незаконно. Как заниматься физикой, когда исчезает связь в пространстве и времени...» (Д. Шремм). Рождение (или создание ?) Мира. Релятивизм и Кванты — повивальные бабки этого Дитя.

«Ветвистая пшеница» «О значении воинствующего материализма» (Ленин). Эта группа стихов про то, что не имеет право называться именем одушевленного существа.

От редакции. Предлагаемая статья — фрагмент будущей книги. Что это будет: очередная попытка «поверить алгеброй гармонию», постижение единства ее законов или прихотливая, но праздная игра ума... Поживем, как говорится, увидим.

Задел для полного сервиса

В амбициозной стратегии НАК «Казатомпром» ключевая роль отводится Ульбинскому металлургическому заводу Речь идет о создании вертикально интегрированной компании ядерного топливного цикла. На УМЗ еще в советские времена было организовано производство ядерных таблеток. Теперь перед заводом стоит задача обеспечения полного сервиса по изготовлению топлива для атомных станций из отечественного сырья. О том, какие шаги уже сделаны в этом направлении, рассказывает заместитель председателя правления АО «УМЗ» Александр ГАГАРИН.

— В минувшем году мы сделали хороший шаг в реализации этой стратегии — перешли к поставке топливных таблеток для реакторов западного дизайна. Вся предыдущая история УМЗ была связана неразрывно с советским и российским ядерным топливным циклом. А теперь мы впервые осуществили промышленную поставку топливных таблеток на китайский рынок под реакторы французского дизайна компании «АРЕВА». В Китае из них уже изготовлены сборки, которые в самое ближайшее время будут загружены в реактор.

Мы подписали с нашими китайскими партнерами долгосрочный контракт на поставку топливных таблеток начиная с текущего года. Им предусмотрено ежегодное увеличение объемов. Таким образом, через три года мы выйдем на объемы, сопоставимые с теми, что были у нас с российской компанией «ТВЭЛ».

— Это позволит обеспечить полную загрузку уранового производства?

— На нем делают не только урановые таблетки, но и перерабатывают большое количество концентратов природного урана из южных рудоуправлений «Казатомпрома» и совместных предприятий. Это около трех тысяч тонн. Кроме того, урановое производство оказывает услугу по изготовлению порошков диоксида урана для западных потребителей из поставляемого ими сырья. Например, на рынок США для компании «Дженерал Электрик».

Уже заключены контракты, и в 2012 году начинаем проект по поставке диоксида урана в Японию для изготовления ядерного топлива. Несмотря на фукусимскую аварию, этот проект по-прежнему развивается динамично. Промышленные поставки на этот рынок будут носить долгосрочный характер.

Конечно, нам хотелось бы большей загрузки нашего уранового производства, резервы еще есть. Одно из направлений, которое позволит их реализовать, — это проект «Казатомпрома» по созданию производства топливных сборок для реакторов дизайна компании «АРЕВА» на УМЗ.

Основная идея в том, чтобы предложить потребителю полный топливный пакет. Сегодня модель бизнеса, которой пользуются энергетические компании, заключается в том, что они отдельно покупают природный уран, услуги по обогащению, конверсии и изготовлению топлива.

Таким образом, у них существует большое количество рисков во взаимоотношениях всех этих ступеней, по возможностям срывам поставок. «Казатомпром», как вертикально интегрированная компания, которая в своем составе имеет все стадии этого топливного цикла, может предложить потребителю готовый топливный пакет с интеграцией всех стадий создания конечного продукта. Такая модель бизнеса весьма перспективна, поскольку значительно снижает риски потребителя, позволяет существенно снизить затраты.

В 2011 году была завершена проектно-сметная документация на строительство завода топливных сборок, которое будет осуществлено на территории УМЗ. Сейчас начался процесс согласования в государственных и регулирующих органах. Понятно, что проект, связанный с атомной энергетикой, должен пройти особо тщательную экспертизу как специалистов, так и общественности, чтобы получить разрешение на строительство. По плану мы должны запу-

стить этот завод в 2015 году. Его мощность — 400 тонн в год по урану.

Предприятие будет модульным, и при необходимости нарастить мощности не составит большого труда. Однако и такой объем закрывает полностью потребность китайских заказчиков — нашего главного потребителя — на долгосрочную перспективу.

Дата ввода в эксплуатацию обусловлена еще и тем, что именно в этот период открывается дополнительный рынок ядерного топлива.

Сегодня, после фукусимской аварии, ряд стран отказывается от атомной энергетики. Например, Италия, Германия. А ряд европейских стран, например, Швейцария, приняли взвешенное решение: продолжить эксплуатировать существующие станции, а строительство новых пока не начинать. В то же время большие и амбициозные планы по развитию атомной энергетики осуществляют азиатские страны — Китай, Индия, предприняв меры по усилению безопасности проектов.

Основные энергетические мощности Китая будут вводиться начиная с 2015 года: сейчас там идет масштабное строительство атомных станций.

А мы пока будем готовиться предоставить к моменту их запуска необходимые объемы ядерного топлива. Наши китайские партнеры уже знают об этом проекте, живо им интересуются. Так что коммерческие перспективы у нас хорошие.

— Наверное, на столь объемный китайский рынок с «возделением» смотрит не только «Казатомпром»? Кто будет конкурировать с вами в состязании за потребителя и каковы ваши преимущества?

— В нашем бизнесе нет прямых конкурентов. Ни одна энергокомпания, для того чтобы сбалансировать риски, не заказывает топливо у одного и того же изготовителя, предпочитая работать с двумя-тремя, у которых есть резервы наращивания объемов. Потому что в случае сбоев у одного поставщика можно «подстраховаться» другим. Ведь если топливо своевременно не загрузить в реактор АЭС, то энергокомпания понесет огромные убытки.

Основные наши конкуренты и партнеры — китайские предприятия по изготовлению топлива. Там есть несколько заводов, которые производят топливо по технологии компании «АРЕВА». Таблетки, которые мы сейчас производим, поставляем на один из этих заводов, и там делают топливные сборки. Они тоже поддерживают наш проект по строительству завода конечного передела топливного цикла, потому что понимают, что должно быть несколько игроков на этом поле для того, чтобы сделать устойчивее атомную энергетику в целом.

— И все же Казахстан не имеет одного звена в технологической цепочке производства топлива для АЭС: процесс обогащения сейчас происходит по кооперации с «Росатомом». Но кооперация — достаточно зыбкая почва... Не рассматривается в перспективе строительство собственного завода?

— Это очень дорогостоящее дело. Да и, учитывая интеграционные процессы между нашими странами, наверное, и ненужное: Россия имеет большие мощности по обогащению. А чтобы почва, по вашему выражению, сделать прочнее, сейчас на российской производственной базе создается СП с совместными активами. Думаю, уже в следующем году «Казатомпром» сможет продавать собственные услуги по обогащению с использованием этих мощностей.

Есть еще одна стадия в топливном цикле — конверсия. Это получение гексафторида урана из природного сырья. Планы строительства завода по осуществлению этого передела тоже есть. Рабочая группа, созданная в «Казатомпроме», рассматривает несколько вариантов, но во всех участие УМЗ является ключевым. Такой завод планируется построить тоже к 2015 году.

Как видите, задел для стабильного роста у нас сделан.

Виктория ШЕВЧЕНКО
Опубликовано на сайте газеты «Казахстанская правда» 20.01.2012

X МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА ЭНЕРГЕТИКА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ УКРАИНЫ – 2012

26 – 28
сентября 2012г.



**X МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ
ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
УКРАИНЫ: НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ**

ОРГАНИЗАТОРЫ:

**Министерство энергетики
и угольной промышленности Украины
Международный выставочный центр**

- **ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА**
- **ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ**
- **ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**
- **ЭЛЕКТРОКАБЕЛЬНАЯ ПРОДУКЦИЯ И АКСЕССУАРЫ**
- **АСУ ТП, КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ
И ДИАГНОСТИКА**
- **ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ**
- **ПРОМЫШЛЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ**
- **ЭНЕРГЕТИКА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**
- **ЭНЕРГЕТИКА НА ТРАНСПОРТЕ, В АПК**
- **АЛЬТЕРНАТИВНАЯ И ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ
ЭНЕРГЕТИКА**
- **УГОЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ**
- **НЕФТЕГАЗОВАЯ И НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩАЯ
ПРОМЫШЛЕННОСТЬ**
- **НАСОСЫ, ТРУБЫ, АРМАТУРА**

ПРЕЗЕНТАЦИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЭК УКРАИНЫ

- **СОВЕЩАНИЯ, ТЕМАТИЧЕСКИЕ "КРУГЛЫЕ СТОЛЫ",
КОНФЕРЕНЦИИ, СЕМИНАРЫ,
ПРЕЗЕНТАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ**

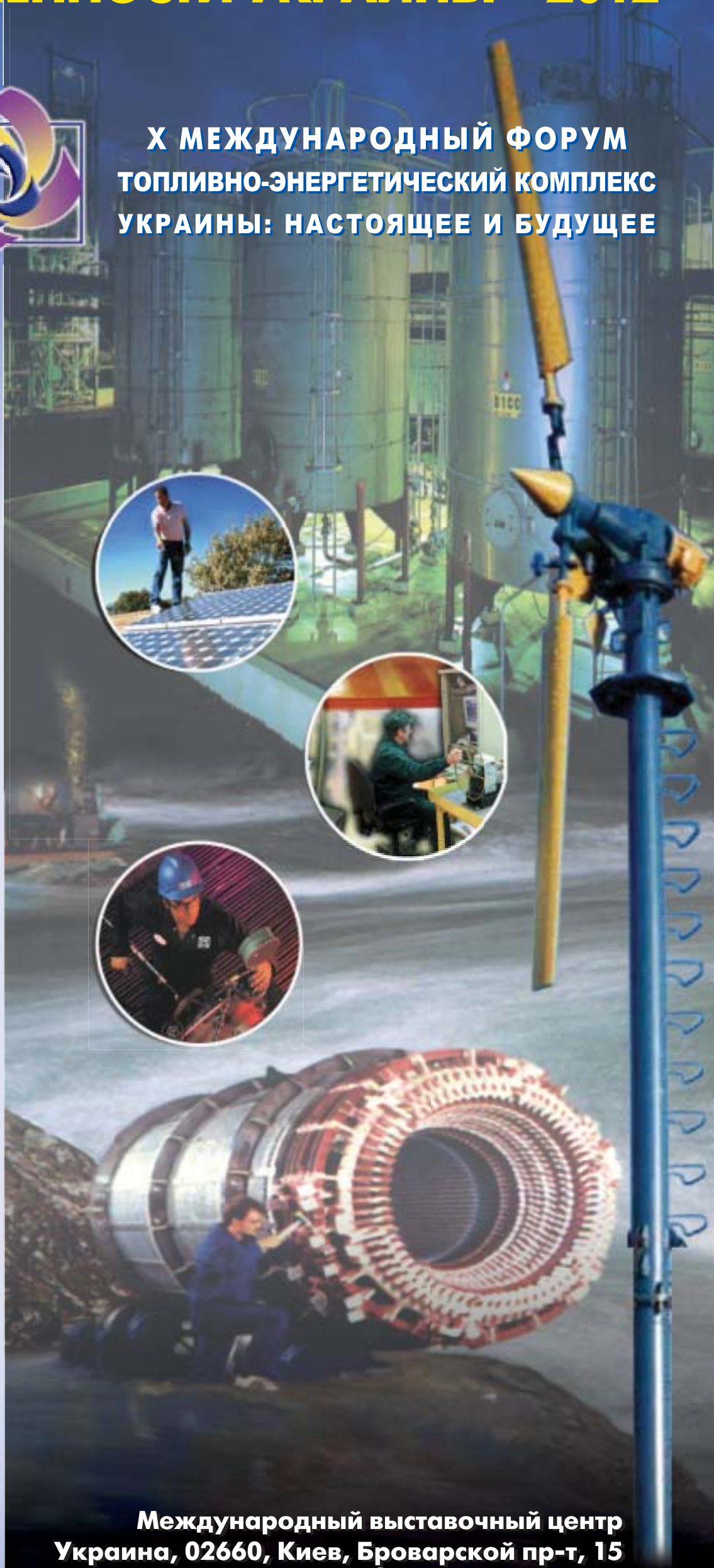
ПАТРОНАТ:

**Кабинет Министров Украины
Комитет Верховной Рады Украины по вопросам
топливно-энергетического комплекса, ядерной
политики и ядерной безопасности**

Официальное издание форума:



Технический партнер:



**Международный выставочный центр
Украина, 02660, Киев, Броварской пр-т, 15**

М "Левобережная"

тел./факс: (044) 201-11-57

e-mail: nsilova@iec-expo.com.ua

www.tech-expo.com.ua

www.iec-expo.com.ua

